
ITU Academy
empowering minds
Capacitación en Conformidad y
Ensayos de Interoperabilidad
Procedimientos de Homologación y
Pruebas de Terminales Móviles
TRANSFORMANDO
EN REALIDAD
Programa en C&I de la ITU
Curso de Capacitación en
Pruebas de Terminales Móviles



Agenda

- Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF
- Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel
- Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición
- Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



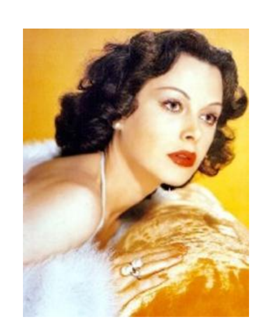
Agenda

- Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF
- Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel
- Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición
- Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



Cronología de la historia del celular

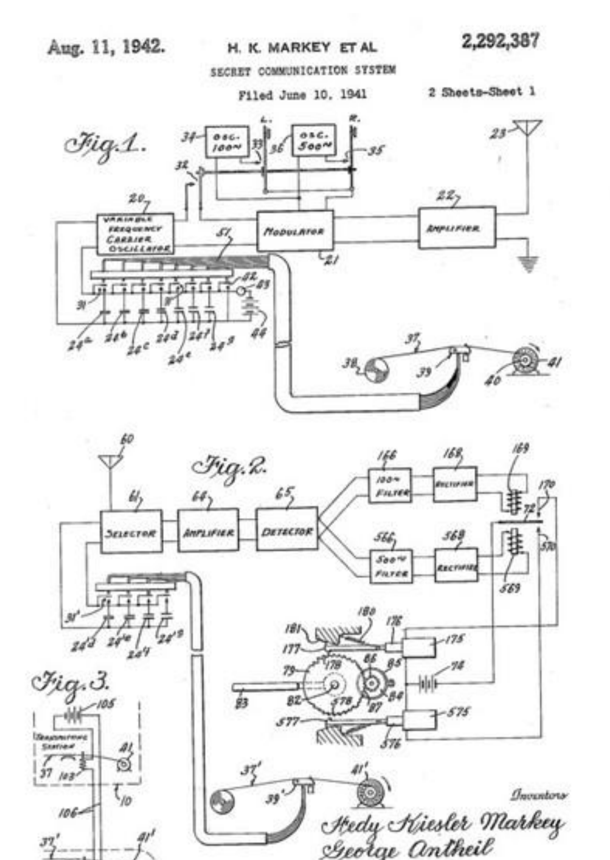
- **Siglo XX**



Hedwig Eva María Kiesler [Hedy Lamarr]

1941 Patente denegada
Sistema Secreto de Radio Comunicaciones

1942 Patente concedida – Markey y Antheil



Patented Aug. 11, 1942 — 2,292,387

UNITED STATES PATENT OFFICE

2,292,387

SECRET COMMUNICATION SYSTEM

Hedy Kiesler Markey, Los Angeles, and George Antheil, Manhattan Beach, Calif.

Application June 10, 1941, Serial No. 397,412

6 Claims. (Cl. 250—2)

This invention relates broadly to secret communication systems involving the use of carrier waves of different frequencies, and is especially useful in the remote control of dirigible craft, such as torpedoes.

An object of the invention is to provide a method of secret communication which is relatively simple and reliable in operation, but at the same time is difficult to discover or decipher.

Briefly, our system as adapted for radio control of a remote craft, employs a pair of synchronous records, one at the transmitting station and one at the receiving station, which change the tuning of the transmitting and receiving apparatus from time to time, so that without knowledge of the records an enemy would be unable to determine at what frequency a controlling impulse would be sent. Furthermore, we contemplate

Fig. 2 is a schematic diagram of the apparatus at a receiving station;

Fig. 3 is a schematic diagram illustrating a starting circuit for starting the motors at the transmitting and receiving stations simultaneously;

Fig. 4 is a plan view of a section of a record strip that may be employed;

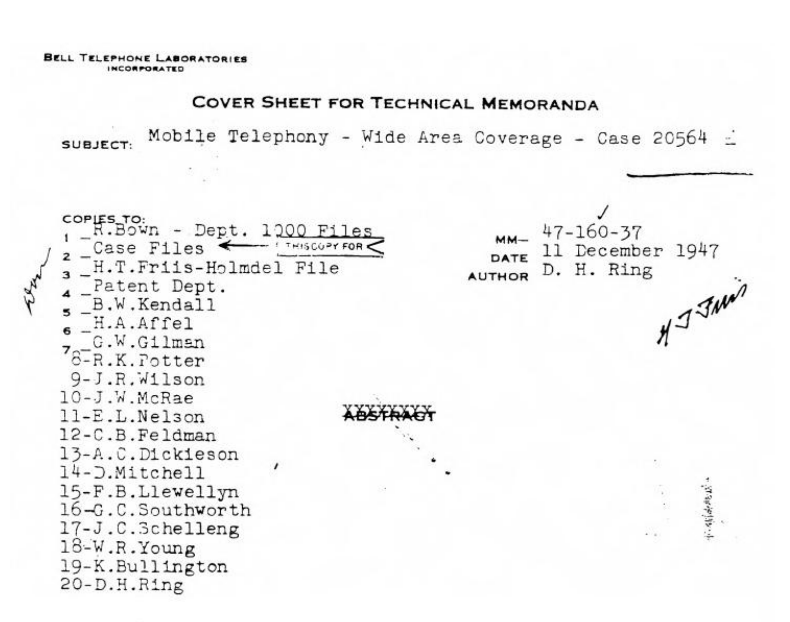
Fig. 5 is a detail cross section through a record-responsive switching mechanism employed in the invention;

Fig. 6 is a sectional view at right angles to the view of Fig. 5 and taken substantially in the plane VI—VI of Fig. 5, but showing the record strip in a different longitudinal position; and

Fig. 7 is a diagram in plan illustrating how the course of a torpedo may be changed in accordance with the invention.



Cronología de la historia del celular



BELL TELEPHONE LABORATORIES
INCORPORATED

COVER SHEET FOR TECHNICAL MEMORANDA

SUBJECT: Mobile Telephony - Wide Area Coverage - Case 20564

COPIES TO:
1 - R.Bown - Dept. 1000 Files
2 - Case Files ← THIS COPY FOR
3 - H.T.Friis-Holmdel File
4 - Patent Dept.
5 - B.W.Kendall
6 - H.A.Affel
7 - C.W.Gilman
8-R.K.Potter
9-J.R.Wilson
10-J.W.McRae
11-E.L.Nelson
12-C.B.Feldman
13-A.C.Dickieson
14-D.Mitchell
15-F.B.Llewellyn
16-G.C.Southworth
17-J.C.Schelleng
18-W.R.Young
19-K.Bullington
20-D.H.Ring

MM- 47-160-37
DATE 11 December 1947
AUTHOR D. H. Ring

ABSTRACT

In this memorandum it is postulated that an adequate mobile radio system should provide service to any equipped vehicle at any point in the whole country. Some of the features resulting from this conception of the problem are discussed with reference to a rather obvious plan for providing such service. The plan which is outlined briefly is not proposed as the best solution resulting from an exhaustive study, but rather is presented as a point of departure for discussion and comparison of alternative suggestions which may be made.

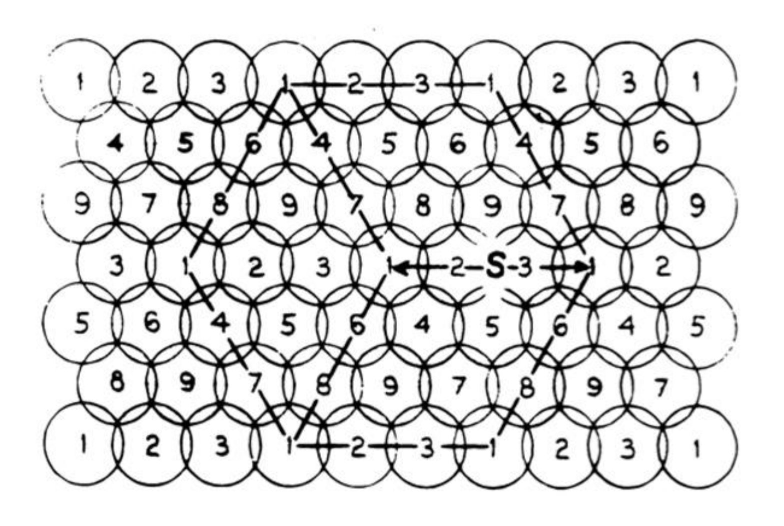
The discussion in this memorandum is limited to some problems concerned with the efficient utilization of a given frequency allocation for wide area coverage. Only a portion of the total allocation is available at any one point in the plan discussed. It is hoped that a future memorandum can be prepared dealing with the most efficient utilization of the frequency band assigned to a particular small area, i.e., methods of modulation, multiplexing, etc.

- **1947** Laboratorios Bell

Primer memorando

Sistema telefónico de alta capacidad

Antenas





Cronología de la historia del celular



- ***1956 MTA*** *– Teléfono Móvil A – Ericsson*
  - Primer sistema móvil – Ericsson
  - Sistema de señalización pulsada
  - Rango de frecuencia de 160 MHz
  - 40 kg de peso
  - 100 usuarios / MTA



Cronología de la historia del celular



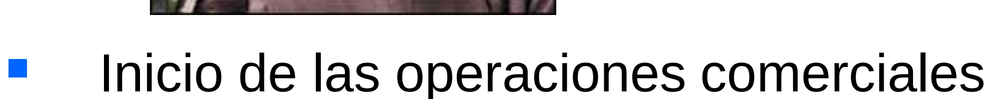
- **1973 –** Primera llamada desde un dispositivo celular – Motorola
  - DynaTAC modelo 8000X
  - (7 x 25 cm – 1 kg – 20´ batería)





"I never really started to carry a cellular phone until it was small enough so I could put it on my belt and not even feel it was there"

Martin Cooper



- Inicio de las operaciones comerciales
  - 1979 – Japón y Suecia
  - 1983 – Estados Unidos



Evolución del servicio móvil



1989 suscripciones ➡ **4 millones**

2019 suscripciones ➡ > **9 mil millones**



Tecnología

Evolución

1973



DynaTAC

US$8.000,00



"La ITU considera que las comunicaciones celulares son la tecnología de más rápida aceptación a través de la historia"



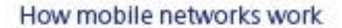
Conceptos básicos en tecnología de comunicación celular

RBS Estación de radio base

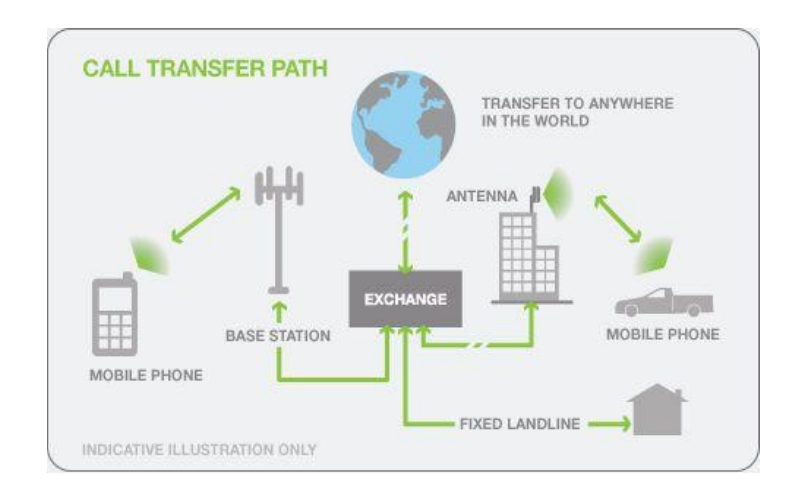
MSC Central de conmutación móvil

MT Terminal móvil











Conceptos básicos en tecnología de comunicación celular

- Objetivo del sistema de comunicación móvil: obtener alta capacidad
- Herramientas tecnológicas:
  - Intercambio de recursos entre múltiples usuarios
  - Crecimiento del ancho de banda x Escasez de espectro
  - Técnicas de duplexación
  - Técnicas de acceso
  - Técnicas de multiplexación
  - Esquemas de modulación
  - Técnica avanzada:
    - Agregación de portadoras
    - MIMO y antena beamforming (conformación del haz)

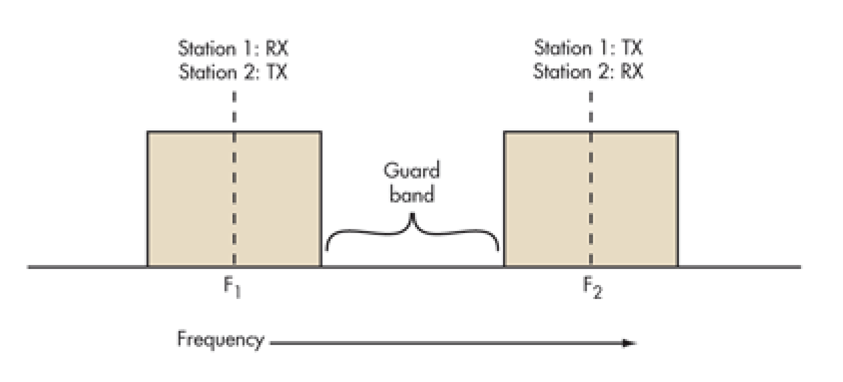






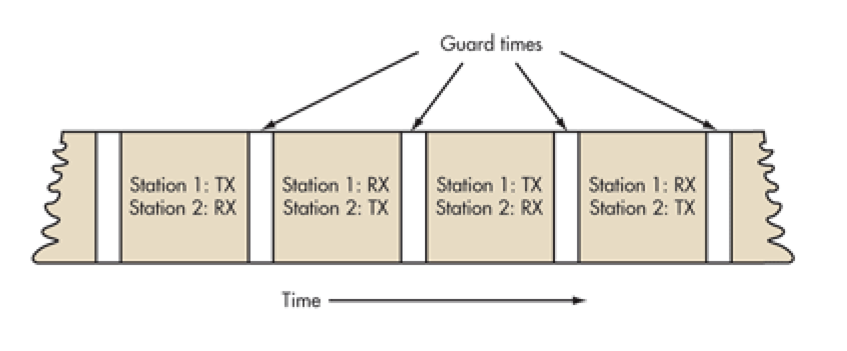
Sistemas de duplexación

Dúplex completo FDD Duplexación por división de frecuencia



Frecuencias portadoras diferentes
Up Link – Enlace de subida (inverso) y
Down link – Enlace de bajada (directo)
Transmisiones simultáneas
Necesidad de más espectro
Bandas de guarda

Semidúplex TDD Duplexación por división de tiempo



Única banda de frecuencia
Comparte la banda asignando ranuras de tiempo
Simétrica o asimétrica
Tiempos de guarda



Técnica de transmisión de espectro ensanchado

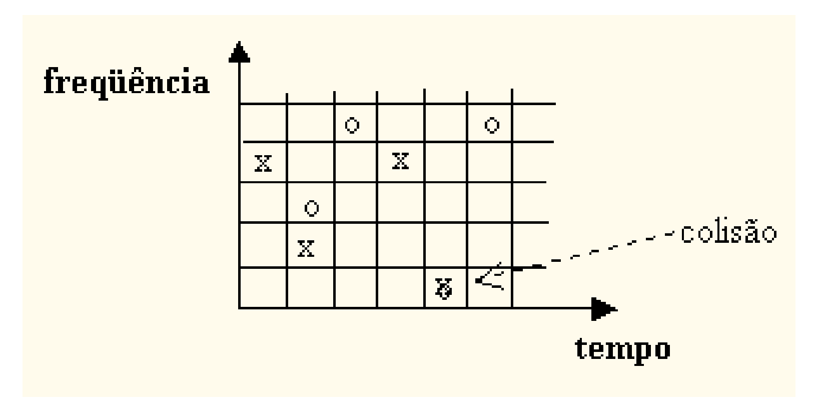
- Propiedades de diversidad de frecuencia
- Interferencia reducida
- Habilidad de rechazar interferencias
- Dificilmente interceptable
- Seguridad inherente

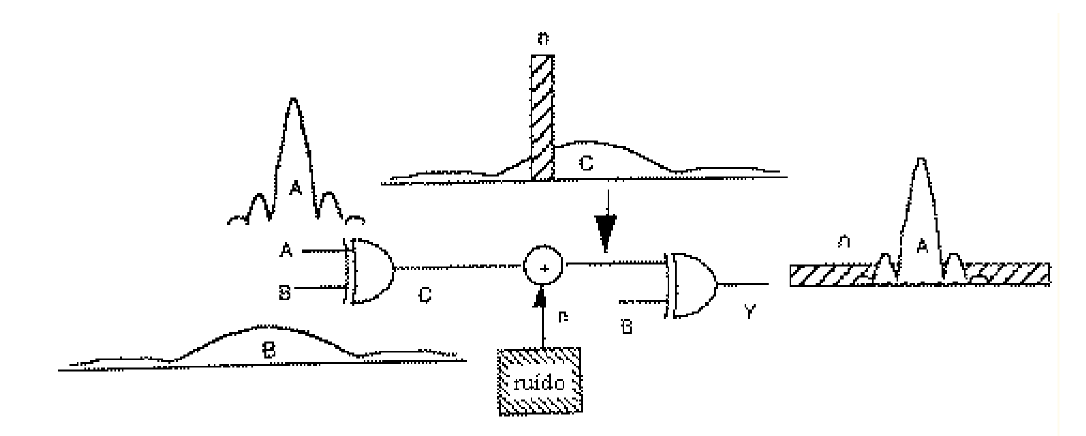
FHSS – Saltos de frecuencia

- Diferentes frecuencias portadoras en diferentes momentos

DSSS – Secuencia directa

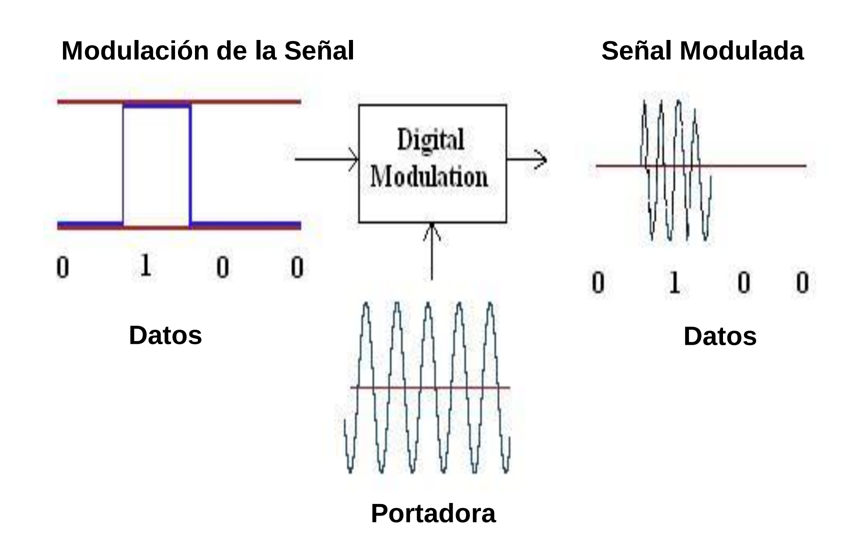
- Frecuencia portadora fija
- La información se extiende a un ancho de banda mayor



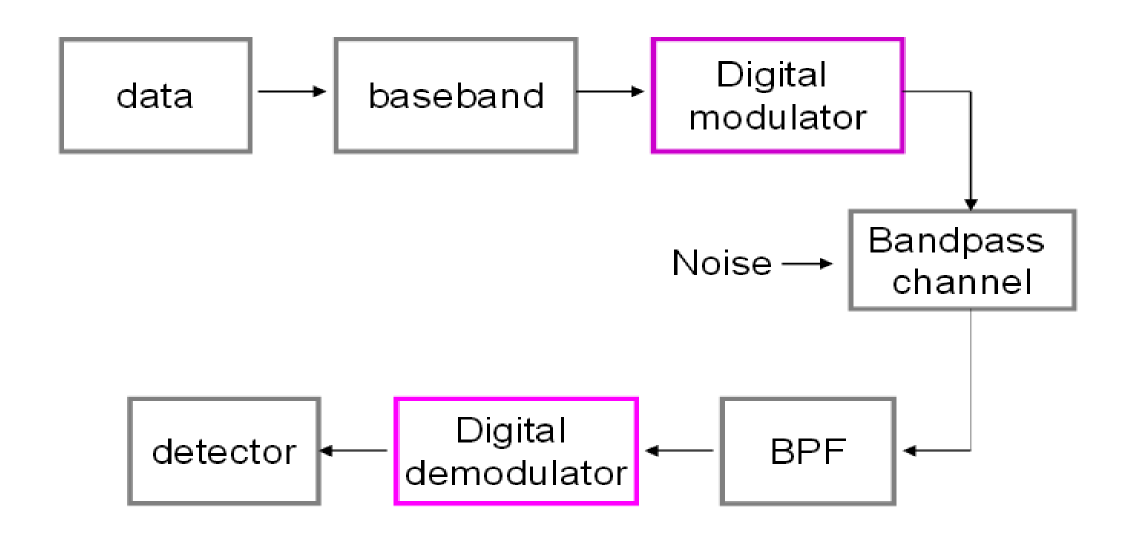




Técnica de modulación digital



Las características de una portadora (amplitud, frecuencia o fase) varían de acuerdo con una señal modulada





Esquemas de modulación digital

ASK (Modulación por desplazamiento de amplitud)
Alteraciones de amplitud de la portadora como una función de la información transmitida

FSK (Modulación por desplazamiento de frecuencia)
Alteraciones de frecuencia de la portadora como una función de la información transmitida

PSK (Modulación por desplazamiento de fase)
Alteraciones de fase de la portadora como una función de la información transmitida

BPSK (Modulación por desplazamiento de fase binario)
PSK Nivel #2

nPSK (Modulación por desplazamiento de fase binario)
PSK nivel #n (n=4, 8 etc)

QPSK (Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura)
PSK Nivel #4

Portadora

0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0

ASK

FSK

PSK

QPSK
(0,1)
(1,0)
(0,0)
(1,1)
2 bit/ símbolo

4 PSK
(0,1)
(0,0)
(1,0)
(1,1)
2 bit/ símbolo

8 PSK
(0,1,0)
(0,1,1)
(0,0,1)
(1,0,0)
(0,0,0)
(1,0,1)
(1,1,1)
(1,1,0)
3 bit/ símbolo

Aumento de eficiencia

Aumento de la eficiencia

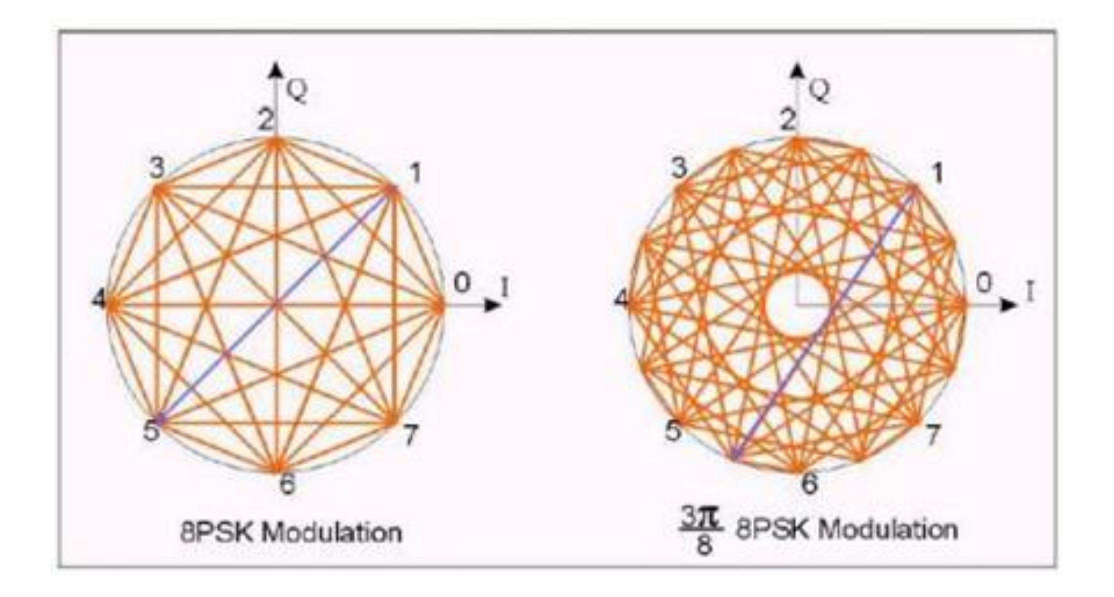


Esquemas de modulación digital

8PSK

- la amplitud de la portadora cae a cero mientras transita entre símbolos
- el rango dinámico causa problemas de implementación por radio

- **3π/8 8PSK** (modificación al 8PSK básico)
- rotación de 3π/8 adicional a la transición del símbolo
- evita que la portadora pase por el origen y caiga a amplitud cero
- disminuye el rango dinámico

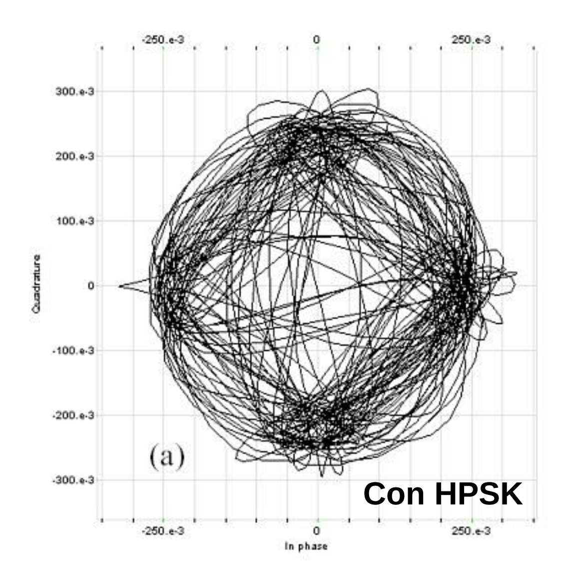


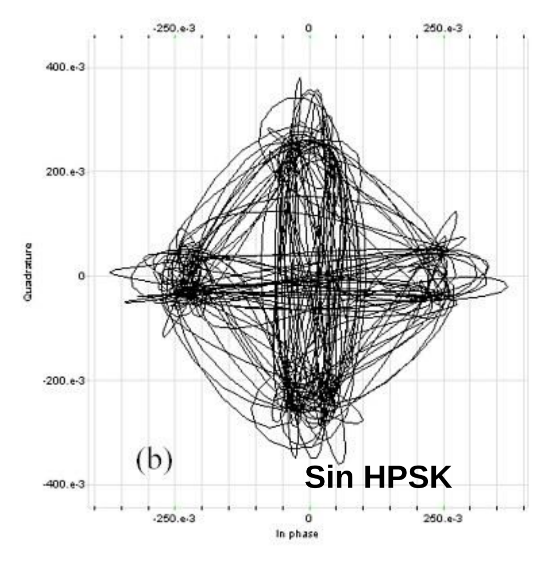


Esquemas de modulación digital

HPSK Modulación por desplazamiento de fase híbrida

- elimina los cruces de cero
- reduce la relación de potencia de cresta / media (PAPR) antes de la amplificación
- aumenta la eficiencia del amplificador
- mejora la tasa de errores en los bits (BER)



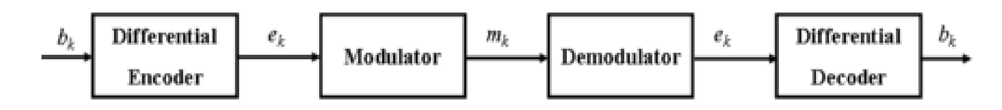




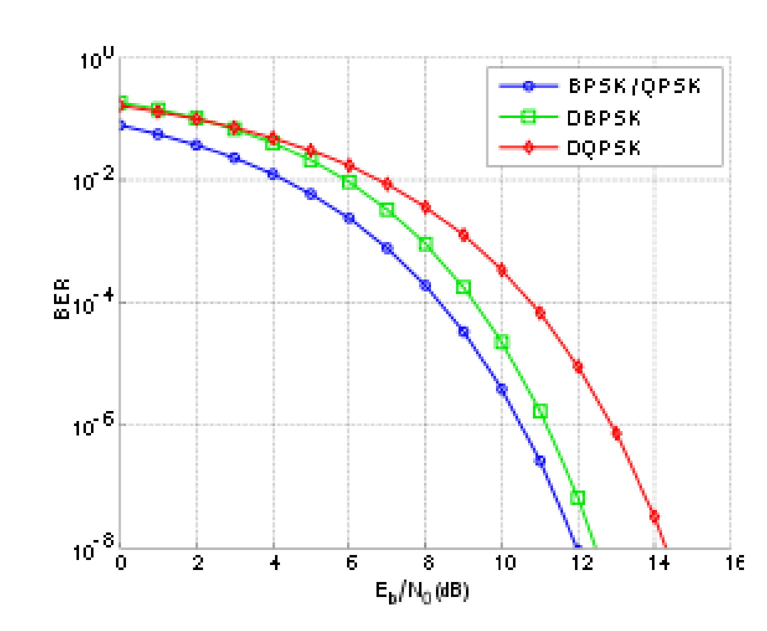
Esquemas de modulación digital

Modulación por desplazamiento de fase diferencial

- DBPSK
- DQPSK



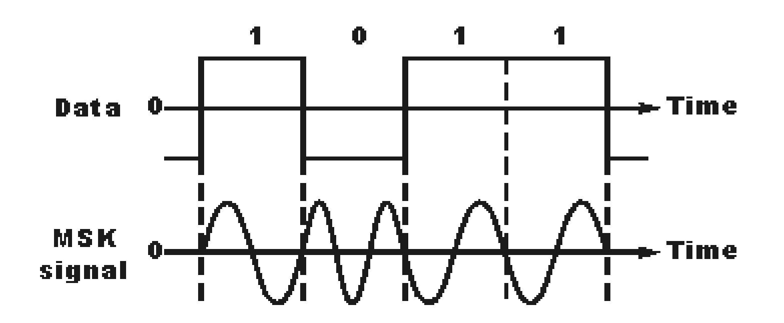
- Más fácil de implementar que el PSK ordinario
- Evita los complejos esquemas de recuperación de la señal portadora para proporcionar una fase precisa
- No coherente – no necesita de un demodulador para obtener una copia de la señal de referencia para determinar la fase exacta de la señal recibida
- Este esquema depende de la diferencia entre fases sucesivas
- El precodificador mapea el símbolo de entrada en una nueva fase de símbolo de diferente portadora en la tabla de correlaciones de fase de símbolo
- Produce más demodulaciones erróneas [BER]





Esquemas de modulación digital

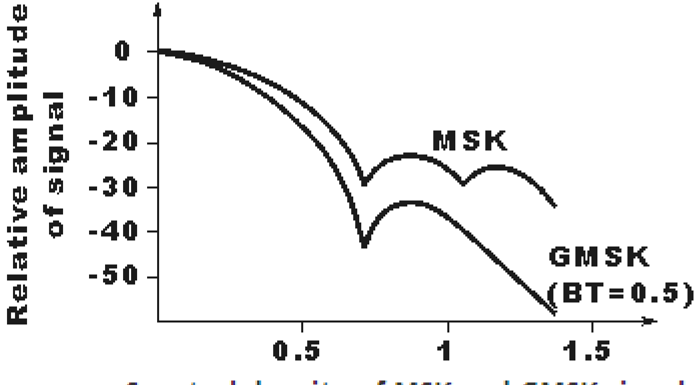
MSK Modulación por desplazamiento mínimo



Problema del PSK:
las bandas laterales se extienden fuera de la portadora

- MSK y GMSK
  - Fase continua FSK
  - No hay discontinuidades de fase

GMSK Modulación por desplazamiento con filtro gaussiano

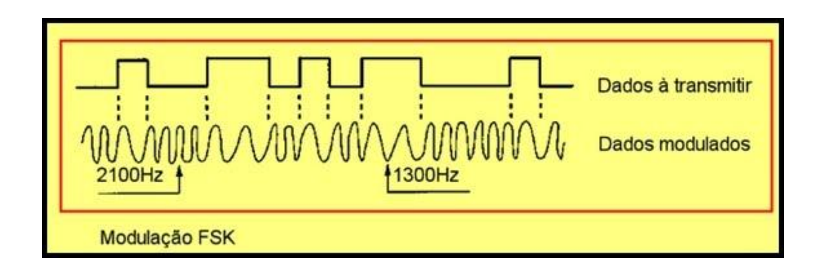


- MSK → GMSK
  - MSK la señal se extiende a las
  - bandas laterales
  - Se puede reducir con un filtro de respuesta gaussiano



Esquemas de modulación digital

GFSK Modulación por desplazamiento con filtro gaussiano



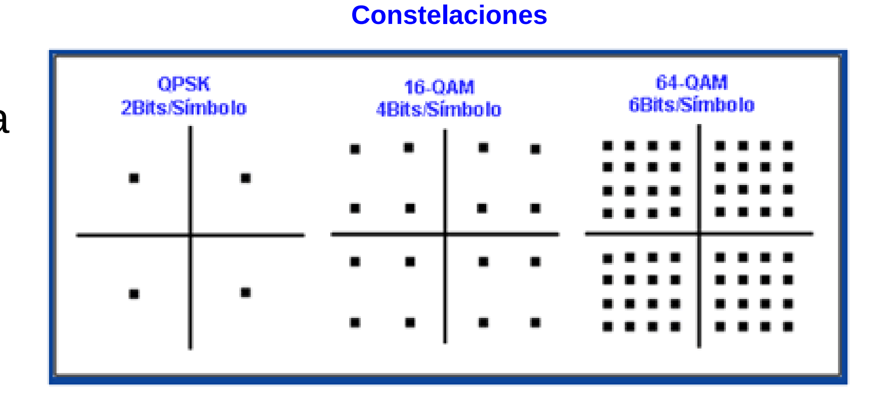
- Modulador similar al del FSK
- Antes del modulador FSK se usa un filtro Gaussiano:
  - hace que las transiciones sean más suaves
  - disminuye la anchura espectral





Esquemas de modulación digital

Constelaciones



QAM Modulación de amplitud en cuadratura

- Símbolos con diferentes amplitudes
- Modulación de fase y amplitud
- Mapeo de fase y cuadratura

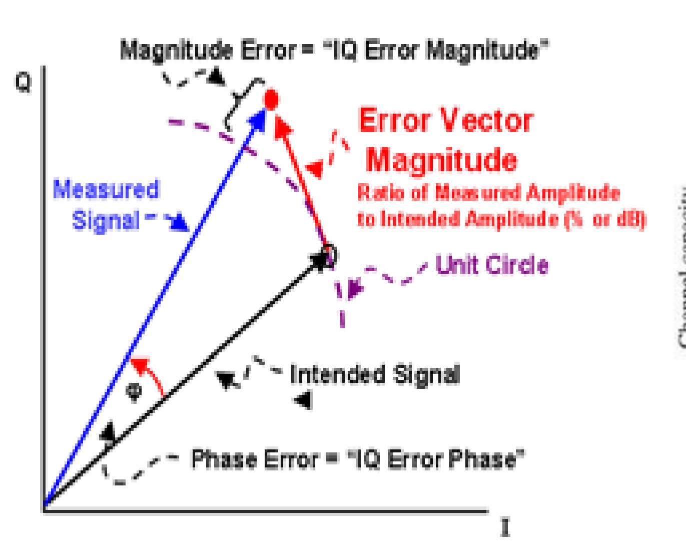
Constelación 16QAM:

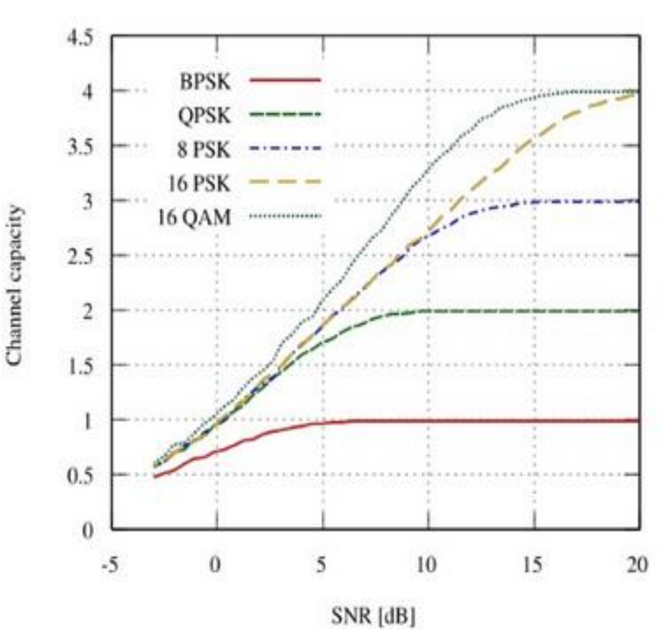
- ❑ 16 símbolos
- ❑ 4 símbolos/cuadrante
- ❑ 4 bits/símbolo

Constelación 64QAM:

- ❑ 64 símbolos
- ❑ 16 símbolos/cuadrante
- ❑ 6 bits/símbolo

Calidad de la Modulación EVM



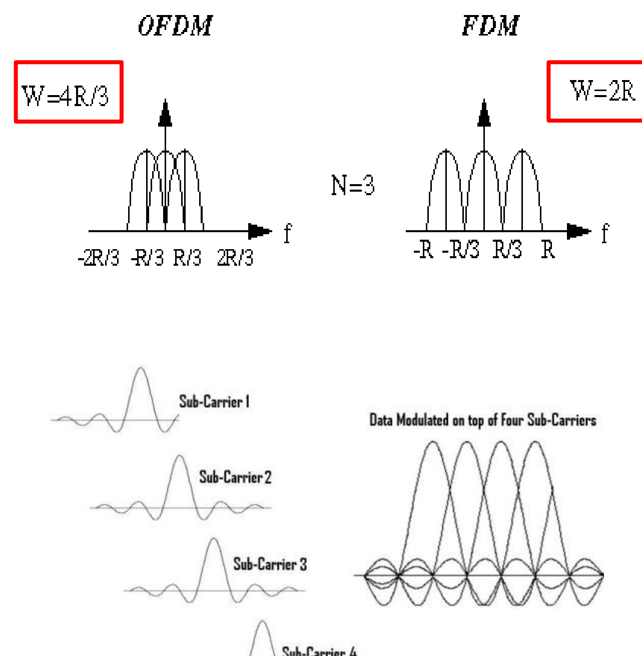


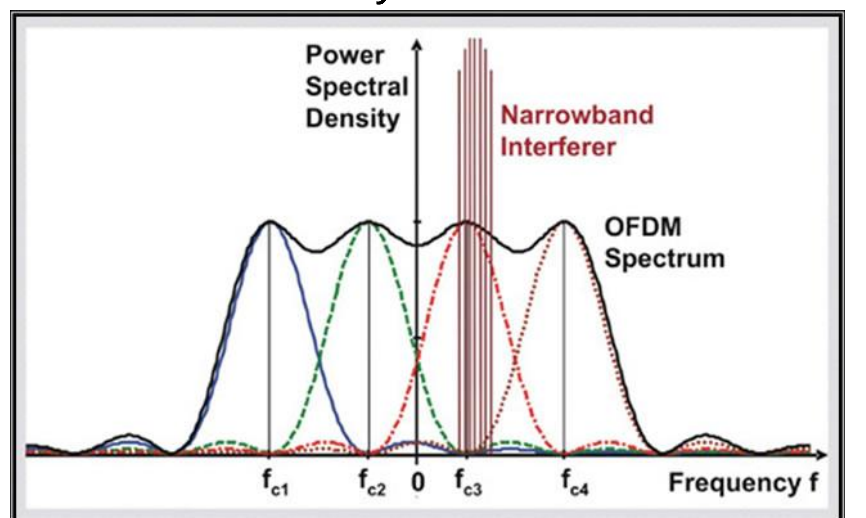


Esquemas de modulación digital

OFDM Multiplexación por división de frecuencia ortogonal

- Es un esquema de FDM usado como un método de modulación digital multiportadora
- Cada sub-portadora es precisamente muestreada en su frecuencia central (pico)
- El pico de cualquier subportadora dada es el punto correspondiente a los cruces de cero de las demás subportadoras y por lo tanto no hay ISI
- Es ampliamente usada en las comunicaciones inalámbricas hoy en día





Algunas ventajas de la OFDM

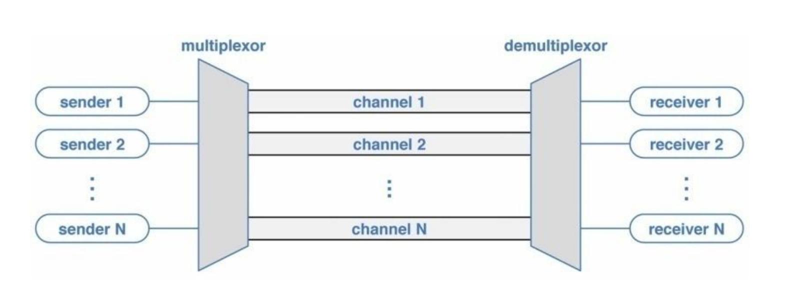
- ✓ Alta velocidad en la transmisión de datos
- ✓ Combate el desvanecimiento selectivo en frecuencias
- ✓ Inmune a la dispersión y multitrayectos retardados
- ✓ Resistencia al desvanecimiento selectivo de frecuencias



Técnicas de multiplexación

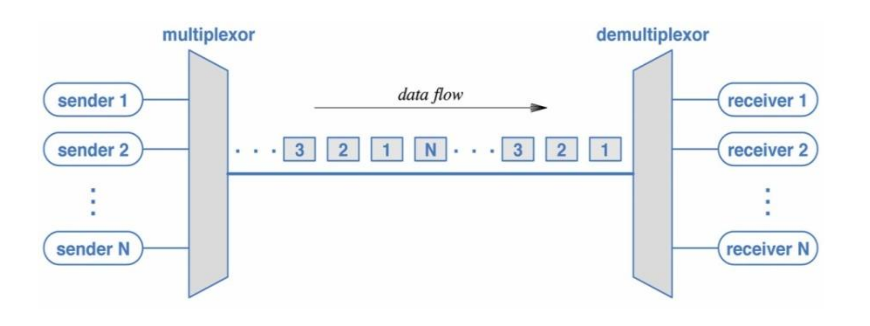
La multiplexación es una técnica en la cual se combinan múltiples señales para su transmisión simultánea a través de medios de comunicación compartidos.

Multiplexación por división de frecuencia – FDM ➡ **FDMA (**múltiples usuarios/subportadoras)



- Usa una frecuencia de señal portadora para cada flujo de datos y luego combina muchas señales moduladas .
- Cuando se usa la FDM para permitir que múltiples usuarios compartan un único medio físico de comunicaciones (es decir: que no difunda a través del aire), la tecnología es conocida como Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Multiplexación por división de tiempo – TDM ➡ **TDMA**



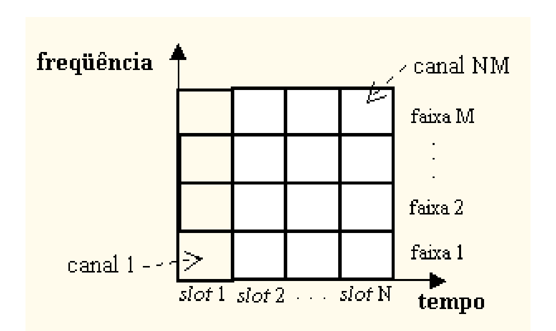
- Transmite dos o más señales digitales en un mismo canal.
- Las señales se dividen en ranuras de tiempo.
- Cuando se usa la TDM para permitir que múltiples usuarios accedan a un canal común, esta tecnología es conocida como Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).



Métodos de acceso múltiple

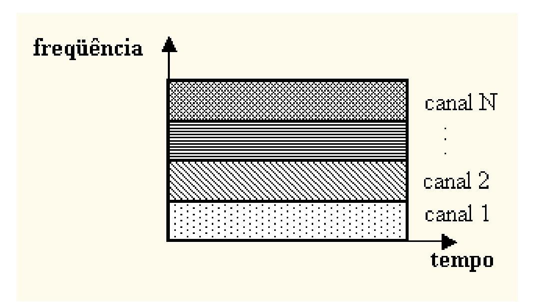
TDMA Acceso múltiple por división de tiempo

- Varios usuarios comparten el mismo canal de frecuencia dividiendo la señal en diferentes ranuras de tiempo



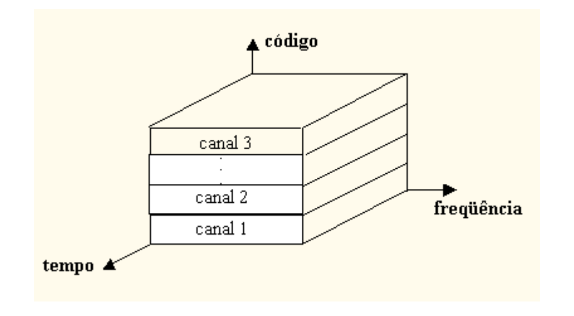
FDMA Acceso múltiple por división de frecuencia

- Le ofrece a los usuarios una asignación para uno o varios rangos de frecuencia o canales



CDMA Acceso múltiple por división de código

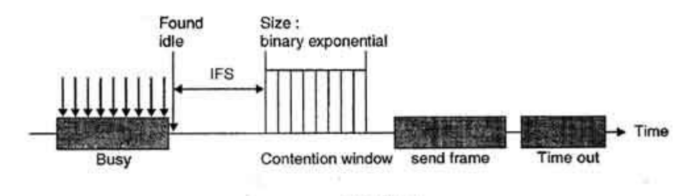
- Varios usuarios pueden enviar información simultáneamente en un mismo canal de comunicación
- Emplea un amplio espectro y un esquema de codificación especial (en el cual a cada transmisor le es asignado un código)



CSMA-CA

Acceso múltiple con detección de portadora y anticolisión

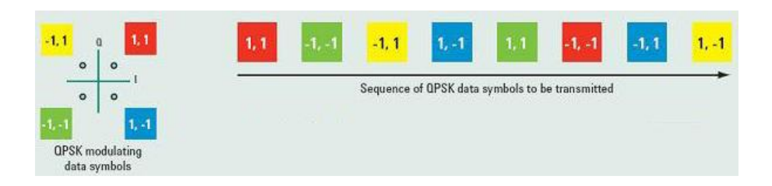
- Nodos intentan evitar colisiones mediante la transmisión solo cuando se percibe ociosidad en el canal



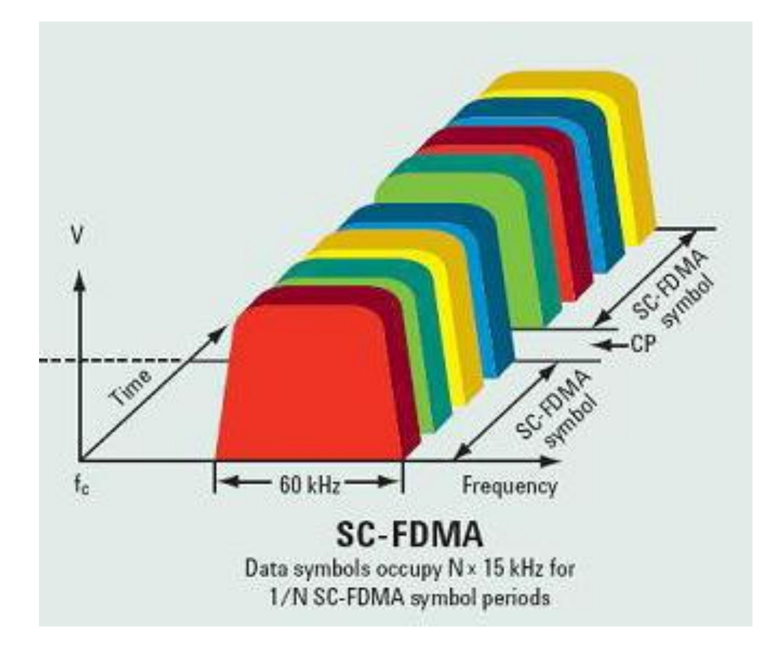


Métodos de acceso múltiple

SC- FDMA Portadora única – Acceso múltiple por división de frecuencia



- La SC-FDMA transmite los datos (4 símbolos QPSK) en ranuras de tiempo y cada símbolo ocupa un N x 15 kHz de ancho de banda
- Única portadora / ranura de tiempo (técnica de transmisión multiportadora)



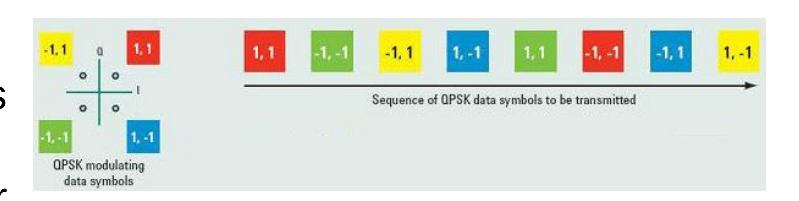


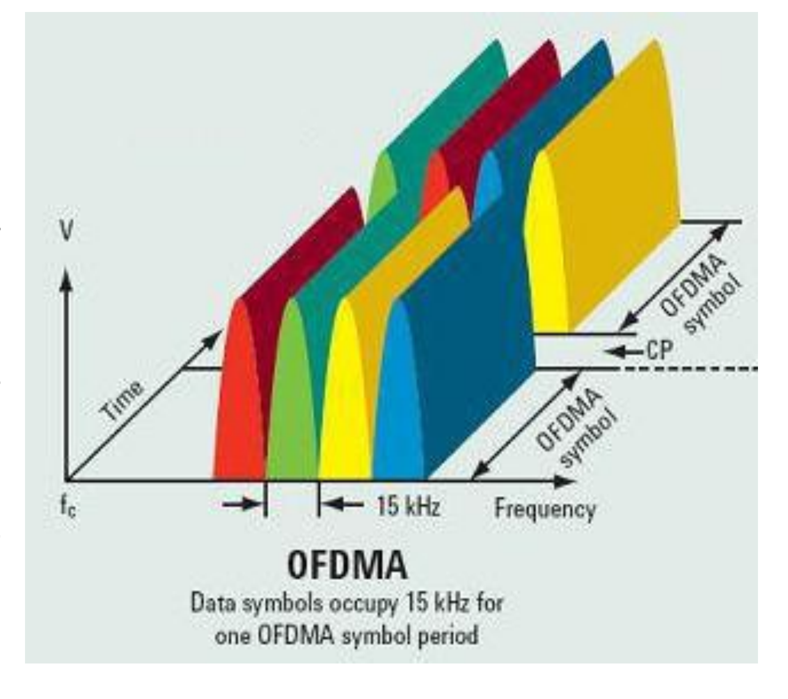
Métodos de acceso múltiple

OFDMA

Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal

- La OFDMA transmite los datos (4 símbolos QPSK) en paralelo, uno por subportadora
- Versión para múltiples usuarios de la popular OFDM
- Es una técnica de transmisión multiportadora, en la que se divide el espectro disponible entre muchas subportadoras
- En el OFDMA el acceso múltiple se logra asignando subconjuntos de subportadoras a usuarios individuales
- Es una combinación de dominio de frecuencia (OFDM) y dominio de tiempo (TDMA) de múltiple acceso
- OFDMA se refiere a apoyar simultáneamente a múltiples usuarios asignándoles subcanales específicos para intervalos de tiempo (ranuras)





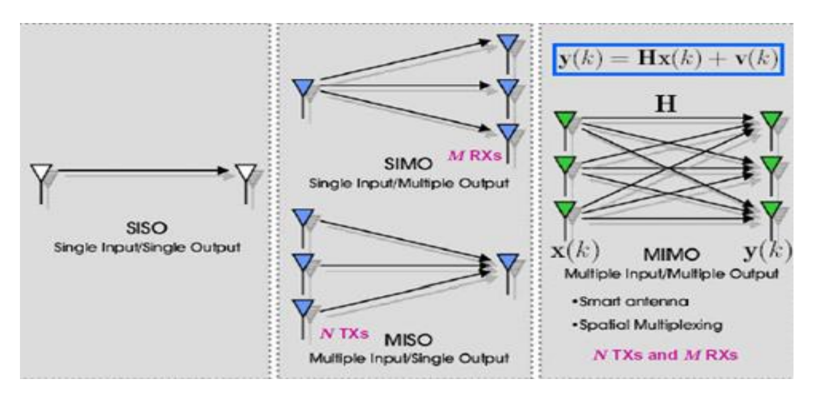
OFDMA
Data symbols occupy 15 kHz for one OFDMA symbol period



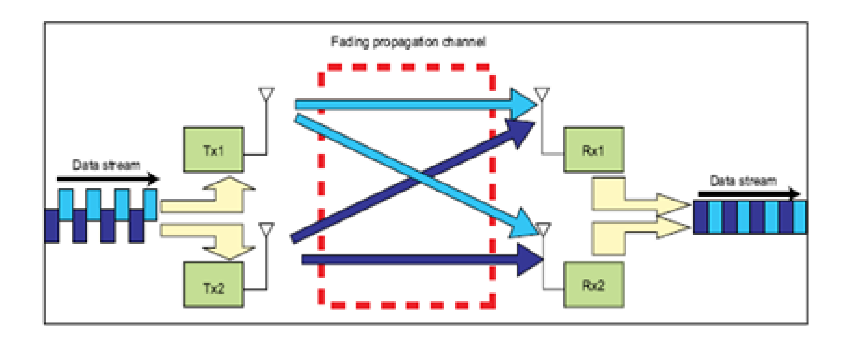
Aumento de la capacidad de comunicación – Técnicas avanzadas

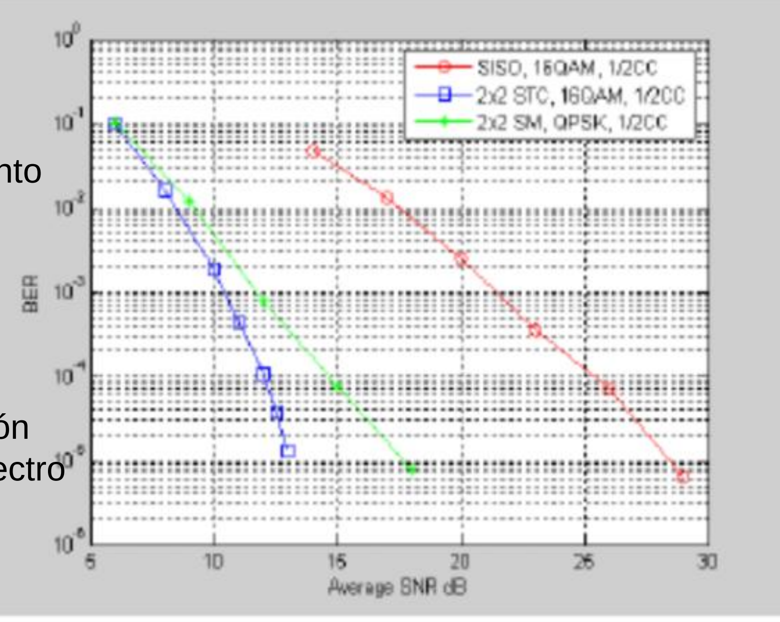
MIMO Configuraciones avanzadas en tecnología de antenas

SM Multiplexación espacial en diversidad RxTx



STC Codificación espacio temporal





Fuente: Red de Acceso por Radio: Estado y Perspectivas de Evolución, Roland Munzener y Hardy Halbauer, Alcatel, 2006

SIMO x SISO

- proporciona redundancia a la antena receptora
- técnicas de diversidad de recepción
- mejora el SINR del receptor y el desempeño bajo desvanecimiento

MISO x SISO

- proporciona redundancia a la antena transmisora
- técnicas de diversidad de transmisión
- mejora el receptor SINR y el desempeño bajo desvanecimiento

MIMO

- proporciona mejoras tanto en la transmisión como en la recepción
- mejora el SINR, la transferencia de datos y la eficiencia del espectro

MIMO-SM

- mejora la robustez y el cubrimiento celular

MIMO-STC

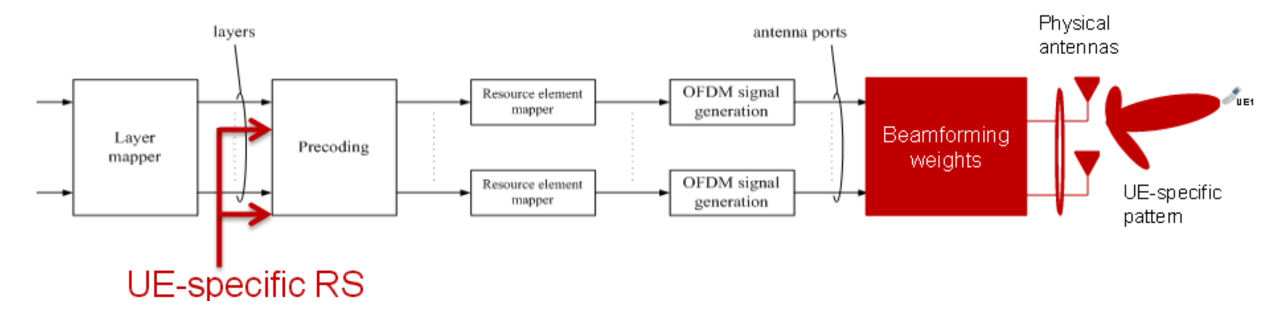
- mejora la transmisión de datos y reduce el BER

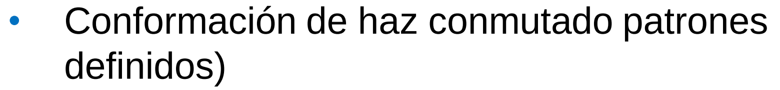


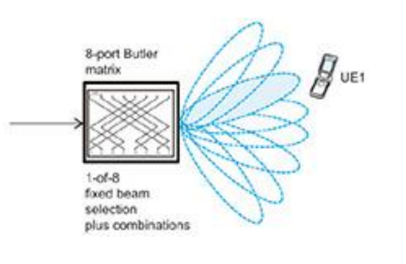
Aumento de la capacidad de comunicación – Técnicas avanzadas

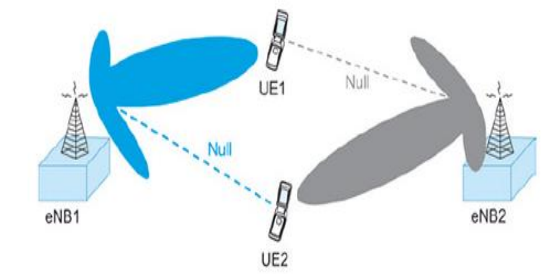
Técnica de antena de conformación del haz (Beamforming)

Configuraciones avanzadas en tecnología de antenas

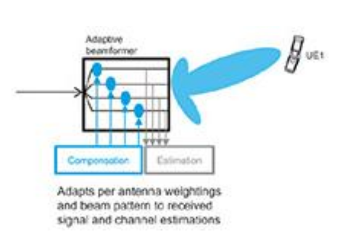


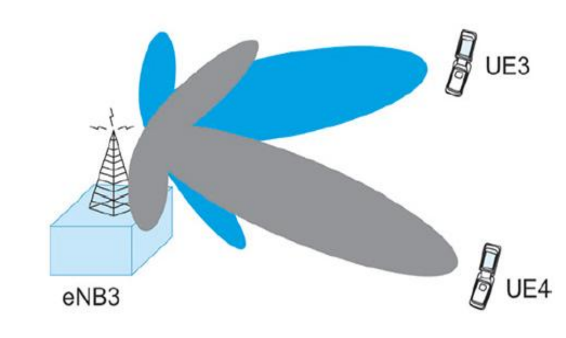






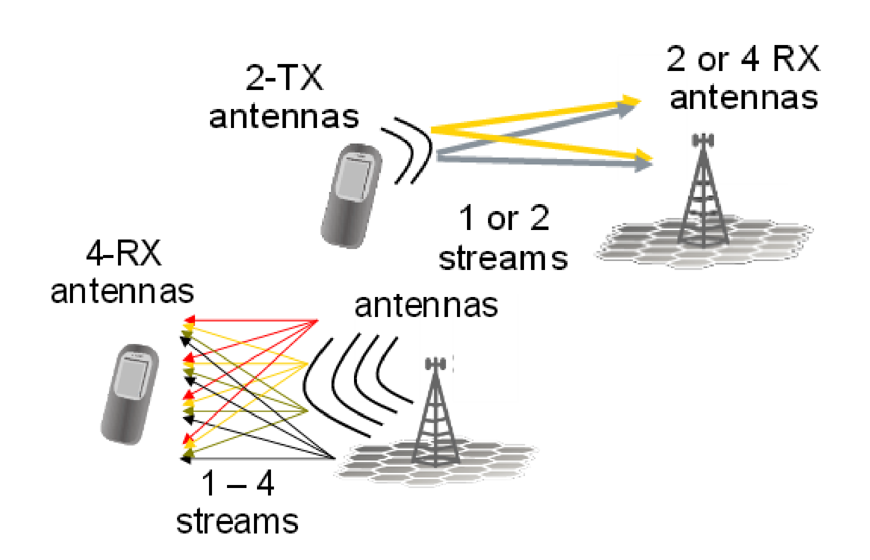
- Configuraciones multiantena enfocadas en la transmisión o recepción en una dirección en particular
- Técnicas de antenas en fase
  - Conformación de haz conmutado patrones definidos)
  - Conformación de haz adaptativo (patrones adaptativos en tiempo real)
- Técnica de estimación de canal (lazo abierto)
- Técnica de realimentación de canal (lazo cerrado – OFDMA sondeo de canal)





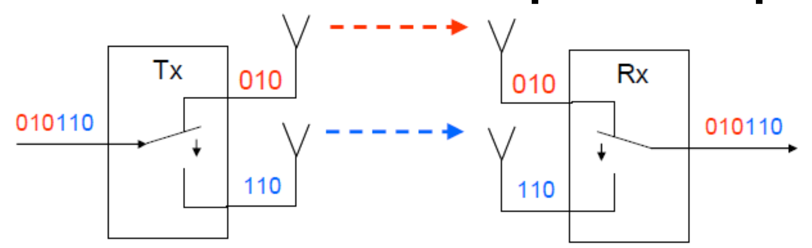


Aumento de la capacidad de comunicación – Técnicas avanzadas



SISO, 16QAM, 1/2CC
2x2 STC, 16QAM, 1/2CC
2x2 SM, QPSK, 1/2CC
BER
Average SNR dB

STC Codificación espacio temporal



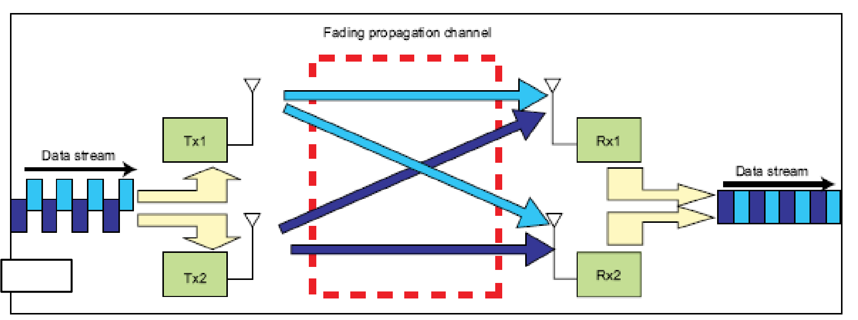
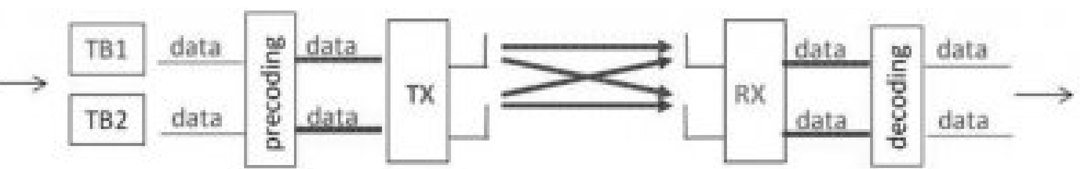


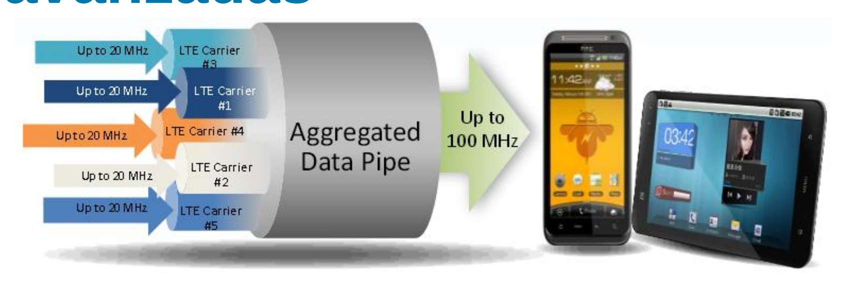
Figure 1: Sequential multiplexing of packet data is routed from baseband to the multiple antenna.

Red de acceso por radio: estado y perspectivas de evolución, Roland Munzener y Hardy Halbauer, Alcatel, 2006





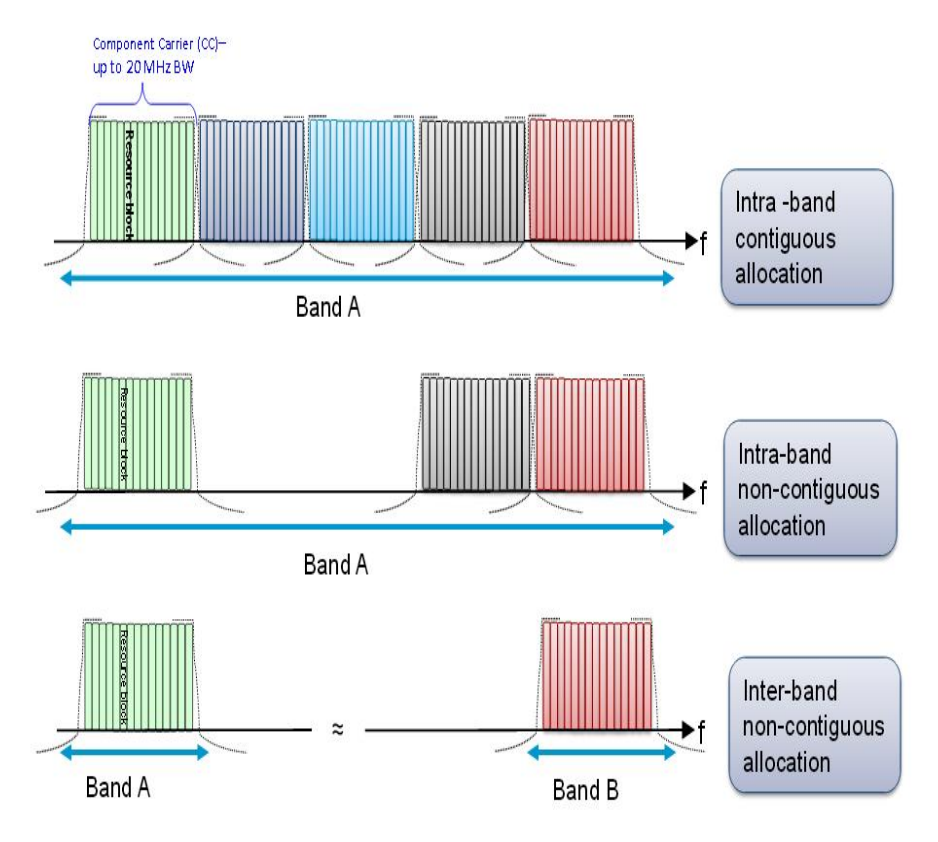
Aumento de la capacidad de comunicación – Técnicas avanzadas



CA – Agregación de portadoras

Las IMT-Avanzadas 4G (1Gbps DL / 500 Mbps UL) requieren **anchos de banda más amplios**

- LTE-Avanzada soporta CA
- Amplia el ancho de banda de transmisión máxima, hasta 100 MHz, agregando hasta 5 LTE portadoras (5 x Portadoras Componentes - CC)
- Uso eficiente del espectro fragmentado
- Tres modos de asignación CA diferentes:
  - Intra Banda continua
  - Intra Banda no continua
  - Interbanda
- 3GPP inicialmente limita la agregación a 2 CC solamente
- Mayores desafíos de diseño
  - Mejora la transmisión multiantena
  - UE múltiples cadenas Rx/Tx simultáneas
  - Reduce los armónicos y otros IP
- Menos impacto al eNB



Estándares en telefonía móvil y generaciones de tecnología



1G Primera generación Servicio de telefonía móvil avanzada

- Se refiere a una red de comunicación análoga
- Introduce la tecnología celular móvil
- Primeros teléfonos análogos conocidos como "ladrillo"
- Básicamente un servicio análogo de voz
- Tecnologías AMPS, TACS, NTT

2G Segunda generación

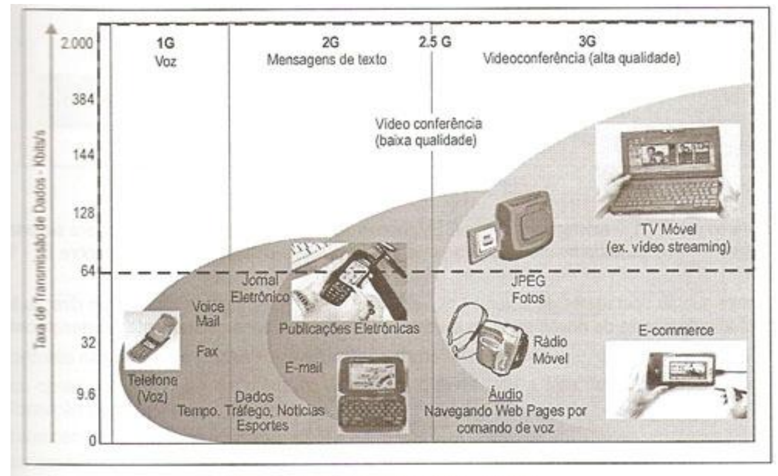
- Se refiere a una red de comunicación digital inalámbrica
- Celdas variables
- Servicios de voz y datos
- Tecnologías TDMA, CDMA, GSM, GPRS, EDGE

3G Tercera generación

- Establecida a través del proyecto de la ITU sobre Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000)
- Permite velocidades más rápidas de transmisión de datos, gran capacidad de red y más servicios de red avanzados.
- Paquete de servicio de datos (videostreaming)
- WCDMA, HSPA, HSPA+

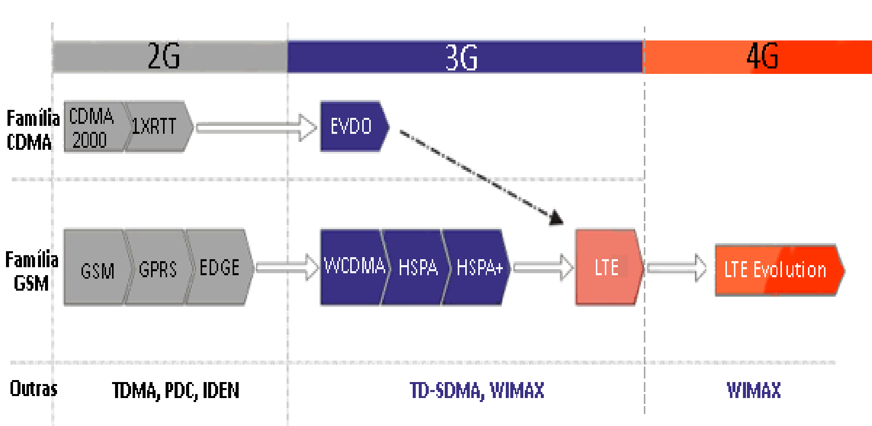
4G Cuarta generación

- Definida por la ITU y establecida como un acuerdo sobre las IMT Avanzadas
- Integración de servicios (voz datos imagen video)
- LTE Avanzadas y IEEE 802.16m WiMAX móvil



Evolução dos sistemas móveis celulares.

la referencia a 2.5G y a 3.5G no es un estándar oficial reconocido por la ITU





Evolución de la tecnología de comunicación celular

Familia GSM

- **GSM** Sistema mundial para comunicaciones móviles
- **GPRS** Servicio radioeléctrico general por paquetes
- **EDGE** Tasas de datos mejoradas para la evolución de GSM



GSM
- Originalmente voz y
- 9.6 kbps UL DL de tasa de datos

GPRS
- Navegación por internet, WAP, SMS, MMS
- Soporta móviles multiintervalo
- 8 ranuras (UL o DL)

EDGE:
- Nuevo esquema de modulación
- Mejora efectiva de la tasa de datos
- Promedio Comercial DL 300 kbps

COMUNICACIÓN CELULAR	
Tecnología	GSM / GPRS / EDGE
Tecnología de Radio	TDMA y FDMA con FDD
Modulación	GSM/GPRS: GMSK EDGE: 3π/8 fases 8PSK o 8PSK
Ancho de Banda	200 kHz
Tiempo de Latencia	GSM/GPRS: 500 ms EDGE: 300 ms
Tasa Pico de Datos teórica	GSM: 43.2 kbps (DL) y 14.4 kbps (UL) GPRS: 171,2 kbps (DL) y 128,4 kbps (UL) EDGE: 473,6 kbps (DL) y 355,2 kbps (UL)
Servicio	GSM: Voz, SMS, datos en circuito conmutado GPRS y EDGE: conmutación de paquetes de datos
Paquete o Circuito Conmutado	GSM: circuito conmutado GPRS y EDGE: agregando paquetes de datos conmutados
Estándar de Pruebas de Conformidad	3GPP TS 51.010 -1 V6.5.0 (2005-11)



Evolución de la tecnología de comunicación celular

WCDMA Acceso múltiple por división de código de banda ancha

- CDMA conceptos de comunicación
- Incremento del ancho de banda
- Iniciación de la comunicación por banda ancha
- TDD – incrementa la eficiencia
- Aplicaciones asimétricas de los servicios web

COMUNICACIÓN CELULAR	
Tecnología	WCDMA
Tecnología de Radio	CDMA con FDD y TDD
Modulación	HPSK (UL) QPSK (DL)
Ancho de Banda	5 MHz
Tiempo de Latencia	250 ms
Tasa Pico de Datos teórica	384 kbps
Servicio	Celular de alta movilidad, voz, SMS circuito y paquete de datos conmutados
Paquete o Circuito Conmutado	Circuito conmutado y paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	ETSI TS 134 121-1 V9.1.0 (2010-07)



Evolución de la tecnología de comunicación celular

HSPA – Acceso a paquetes a alta velocidad (HSDPA / HSUPA)

HSDPA

- Optimización de la velocidad del enlace de bajada

HSUPA

- Optimización de la velocidad del enlace de subida

HSPA

- Combinación del acceso a paquetes a alta velocidad en el enlace de bajada (HSDPA) y el acceso a paquetes a alta velocidad en el enlace de subida (HSUPA)
- TTI (Intervalo de Tiempo de Transmisión) reducción

COMUNICACIÓN CELULAR	
Tecnología	HSPA (HSDPA y HSUPA)
Tecnología de Radio	CDMA con FDD y TDD
Modulación	DL: QPSK, 16QAM (Rel6) agregando 64QAM (Rel7,8) UL: HPSK (Rel6) agregando 16QAM (Rel 7,8)
Ancho de Banda	5 MHz
Tiempo de Latencia	70 ms
Tasa Pico de Datos teórica	HSDPA (DL): 14.4 Mbps (16QAM)
	HSUPA (UL): 5.76 Mbps
Servicio	Celular de alta movilidad, paquete de datos de alta velocidad
Paquete o Circuito Conmutado	Circuito conmutado y paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	ETSI TS 134 121-1 V9.1.0 (2010-07)

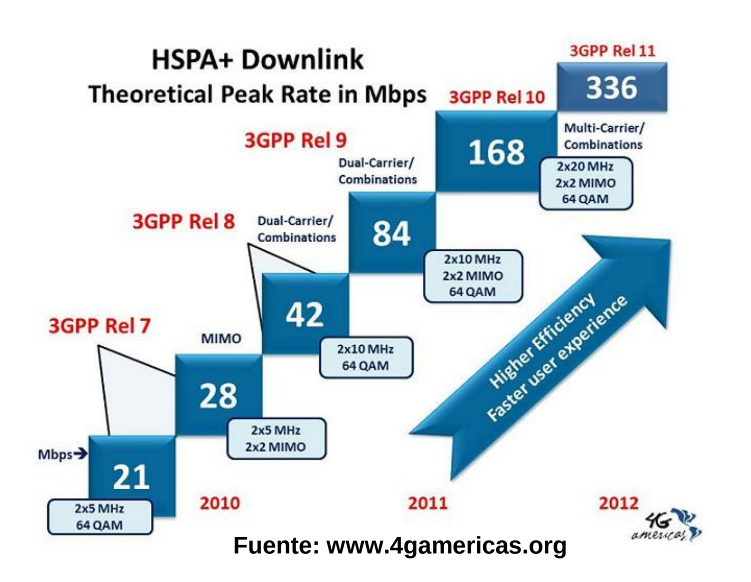


Evolución de la tecnología de comunicación celular

HSPA+ Acceso a paquetes a alta velocidad evolucionado

- Mejora la capacidad HSPA
- Esquemas de modulación de alto orden
- Voz conmutada por circuitos sobre HSPA proporciona un soporte optimizado de servicios de voz
- Mejoras al protocolo

COMUNICACIÓN CELULAR	
Tecnología	HSPA +
Tecnología de Radio	CDMA con FDD y TDD
Modulación	DL: QPSK, 16QAM (Rel6) agregando 64QAM (Rel7,8) UL: HPSK (Rel6) agregando 16QAM (Rel 7,8)
Ancho de Banda	5 MHz
Tiempo de Latencia	30 ms
Tasa Pico de Datos teórica	HSPA + (DL): 84.4 Mbps (64QAM, 2x2 MIMO) HSPA + (UL): 23.0 Mbps (16QAM)
Servicio	Celular de alta movilidad, paquete de datos de alta velocidad
Paquete o Circuito Conmutado	Circuito conmutado y paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	ETSI TS 134 121-1 V9.4.0 (2011-03)



Fuente: www.4gamericas.org

- Operación MIMO (Versión 7)
- Doble portadora + MIMO + 64QAM (Versión 9)
- Agregación de multiportadoras + MIMO + 64QAM (Versión 10)



Evolución de la tecnología de comunicación celular



LTE Evolución a largo plazo **/ LTE avanzada**



LTE

- Alta tasa de datos, baja latencia y sistema de paquetes optimizados
- SC-FDMA UL
- OFDMA DL
- VoLTE
- Ancho de banda escalable hasta 20 MHz
- Modulación dinámica adaptativa
- Soporta MIMO tecnología en antenas
- Baja latencia y alta tasa de datos

LTE avanzada

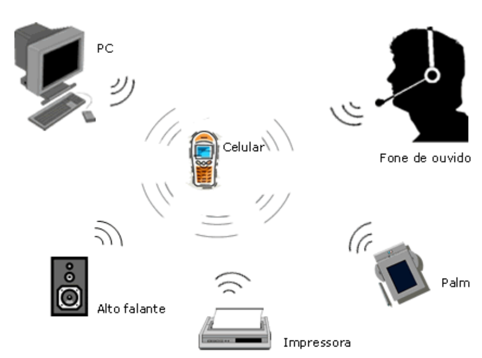
- La tecnología 4G reúne las IMT avanzadas
- Tasas de datos superiores
- Mínimo 100 Mbps UL de alta movilidad
- 1 Gbps DL baja movilidad
- Agregación de portadoras
- MIMO extensión (DL: 8x8; UL: 4x4)

COMUNICACIÓN CELULAR	
Tecnología	LTE / LTE Avanzada
Tecnología de Radio	LTE: OFDMA y SC-FDMA, TDD y FDD
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM
Ancho de Banda	LTE: 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz
	LTE Avanzada: hasta 100 MHz con Agregación de Portadoras
Tiempo de Latencia	LTE: 10 ms LTE Avanzada: < 5 ms
Tasa Pico de Datos teórica	LTE (DL): 300 Mbps (20 MHz, 64QAM, 4x4 MIMO) LTE (UL): 75 Mbps (20 MHz, 64QAM)
	LTE Avanzada (DL): 1 Gbps (4x4 MIMO, con BW>70 MHz) LTE Avanzada (UL): 500 Mbps
Servicio	LTE: Alta tasa de datos, Alta movilidad
	LTE Avanzada: Alta tasa de datos para aplicaciones avanzadas: [100 Mbps para alta movilidad y 1 Gbps para baja movilidad]
Paquete o Circuito Conmutado	Solamente paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	3GPP TS 36.521-1 V9.5.0 (2011-06)



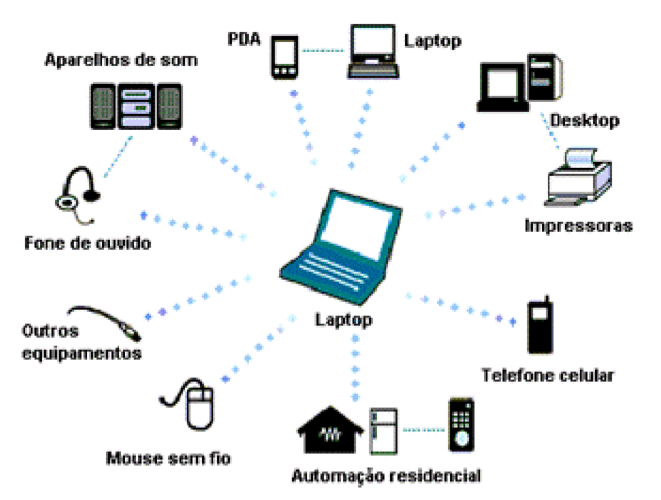
Tecnologías de conectividad inalámbrica

Bluetooth IEEE 802.15.1 Estándar



- Comunicación inalámbrica entre dispositivos electrónicos
- Tecnología de corto alcance
  - Clase1: 100 m @100 mW)
  - Clase 2: 10 m @2,5 mW)
  - Clase 3:1 m @ 1 mW
- Manejo simultáneo de voz y datos
- Muy bajo consumo de energía
- Solución de bajo costo
- Versión 2: Tasa de datos 3 Mbps
- Versión 3: Tasa de datos hasta 24 Mbps

CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	
Tecnología	BLUETOOTH + EDR
Tecnología de Radio	TDMA
Modulación	GFSK (1.2 y baja energía), 8DPSK (PSK Diferencial) y π/4 DQPSK
Ancho de Banda	1 MHz (Saltos de Frecuencia)
Tasa Pico de Datos teórica	1 Mbps
Servicio	Datos y voz de baja movilidad
Paquete o Circuito Conmutado	Paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	Resolución Anatel Nº 506, Julio 1, 2008 Resolución Anatel Nº 442, Julio 21, 2006 Resolución Anatel Nº 529, Junio 3, 2009



Algunas aplicaciones: auriculares manos libres para llamadas de voz, capacidad de impresión y fax, sincronización para PCs y teléfonos móviles



Tecnologías de conectividad inalámbrica

Wi-Fi Fidelidad inalámbrica (Wireless Fidelity)
– Estándar IEEE 802.11







- Tecnología inalámbrica LAN (hasta 400 m)
- Bandas ISM sin licencia (2.4/5 GHz),
- Altamente optimizado para IP y Ethernet
- Ideal para acceso inalámbrico a internet
- Tecnología de corto alcance (~100 m)
- 802.11n incluye tecnología MIMO
- 802.11p C2C, V2V, V2I comunicaciones
- 802.11ac – tasas de datos superiores – 6 Gbps
  - anchos de banda superiores
  - 256QAM modulación subportadora
- 802.11ad – rango de frecuencia de 60 GHz

CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	
Tecnología	WiFi
Tecnología de Radio	CSMA - CA (Acceso Múltiple de Sentido de Portador - Evitación de Colisión)
Modulación	b: DBPSK/DQPSK (1 y 2 Mbps) b: CCK con DQPSK (5.5 y 11 Mbps) a,g,h,j: hasta 64QAM en 52 OFDM subportadoras n: hasta 64QAM en 114 OFDM subportadoras ac: hasta 256QAM en 484 OFDM subportadoras
Ancho de Banda	b: 25/10 MHz (sin solapamiento/solapamiento) g: 25 MHz, a/h: 20 MHz j: 20 MHz n: 20 MHz ac: 20, 40, 80, 160 MHz
Tasa Pico de Datos teórica	b: 11 Mbps a/g/h/j: 54 Mbps n: 72.2Mbps (20MHz-1Tx), 600Mbps (40MHz-4Tx) ac: 86.7Mbps (20MHz-1Tx), 6.9Gbps (160MHz-8Tx)
Servicio	Datos de baja movilidad
Paquete o Circuito Conmutado	Paquete conmutado
Estándar de Pruebas de Conformidad	Resolución Anatel Nº 506, Julio 1, 2008 Resolución Anatel Nº 442, Julio 21, 2006 Resolución Anatel Nº 529, Junio 3, 2009



Tecnologías de conectividad inalámbrica



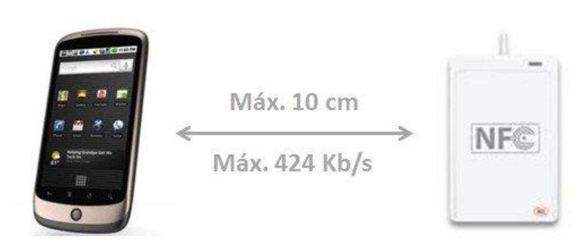
NFC Comunicación de campo cercano

ISO/IEC 18092 / ECMA-340 Interfaz y Protocolo-1 Comunicación de campo cercano

ISO/IEC 21481 / ECMA-352 Interfaz y Protocolo-2 Comunicación de campo cercano

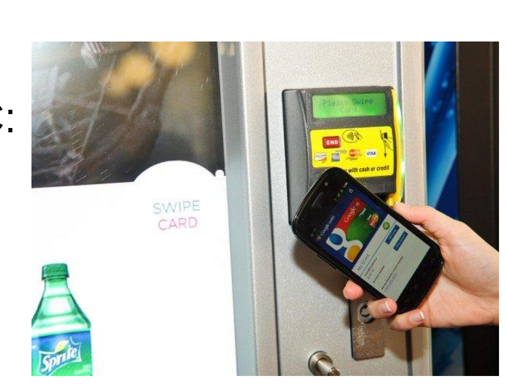
CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	
Tecnología	NFC
Modulación	ASK
Ancho de Banda	ISO 18092: n/a
Tasa Pico de Datos teórica	de 106 kbps hasta 848 kbps
Servicio	Identificación sin contacto, interconexión y transmisión de datos entre dispositivos móviles
Paquete o Circuito Conmutado	Basado en el paquete
Estándar de Pruebas de Conformidad	Resolución Anatel Nº 506, Julio 1, 2008 Resolución Anatel Nº 442, Julio 21, 2006 Resolución Anatel Nº 529, Junio 3, 2009

- Tecnología de conectividad inalámbrica de corto alcance (pocos cm)
- Interacción punto a punto entre dispositivos electrónicos
- Bajo consumo de energía
- Basado en el acoplamiento inductivo entre dos antenas de lazo
- Banda ISM sin licencia de 13.56 MHz
- NFC activo iniciador/lector
- NFC activo o pasivo modos target/etiqueta



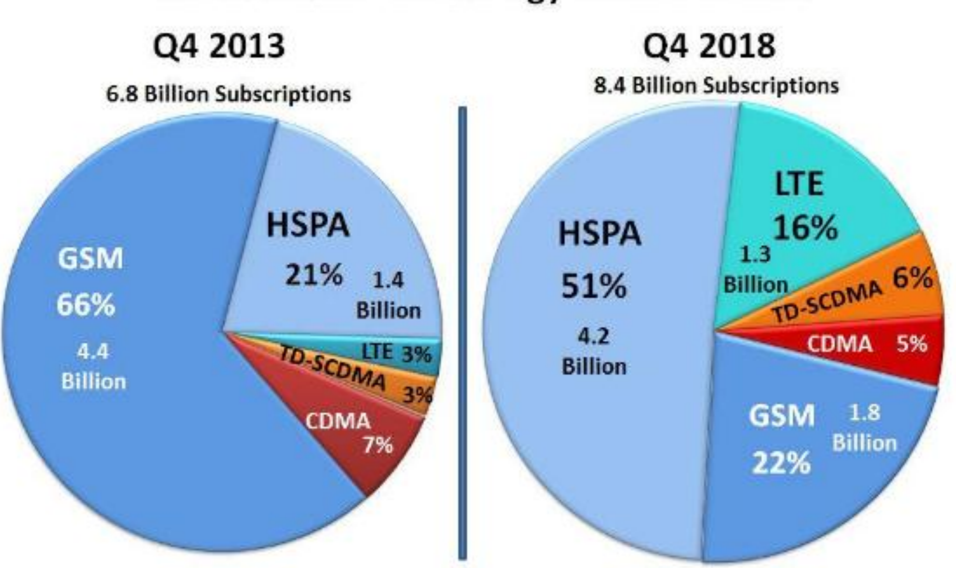
Algunas aplicaciones de la NFC:

- transacciones sin contacto
- ID personal
- intercambio de datos:
  - avisos inteligentes
  - tarjetas de presentación
  - fotos digitales

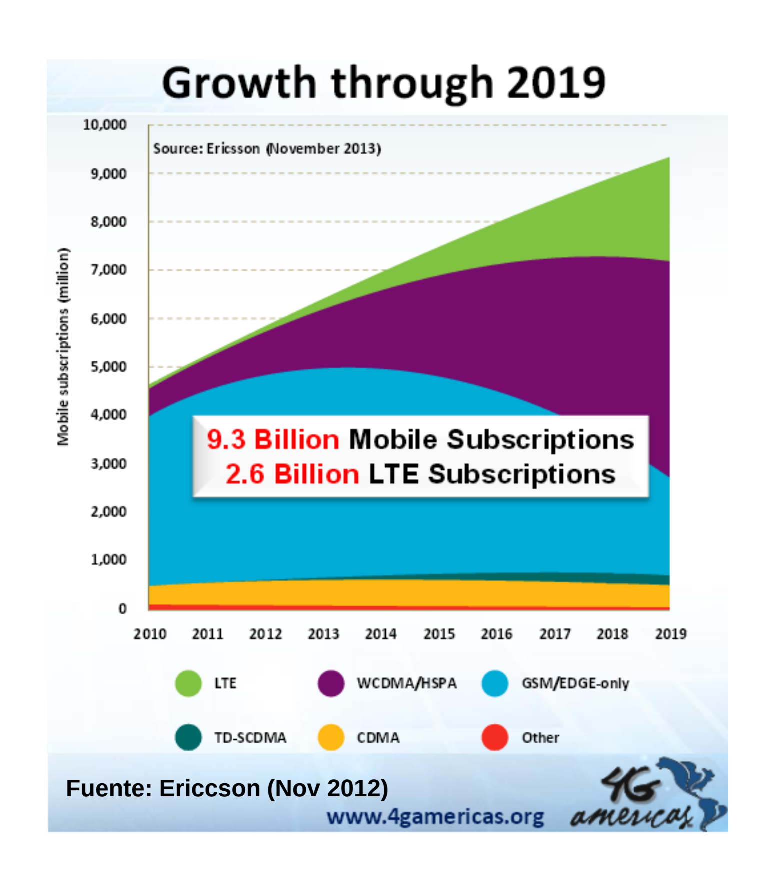




Participación global en el mercado de la tecnología móvil



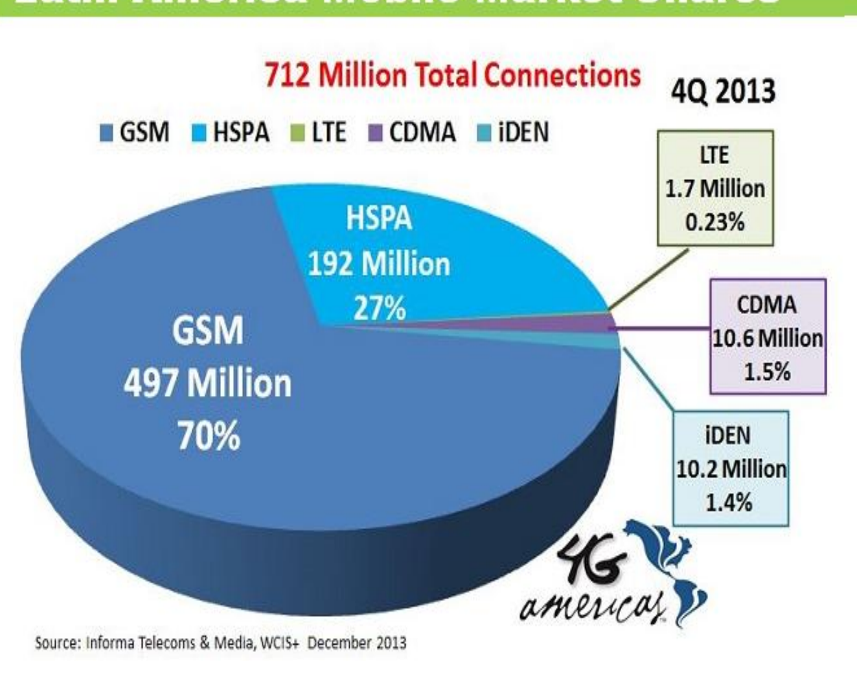
Fuente: 4G Américas / 4G Evolución de la Banda Ancha Móvil / Febrero 2014

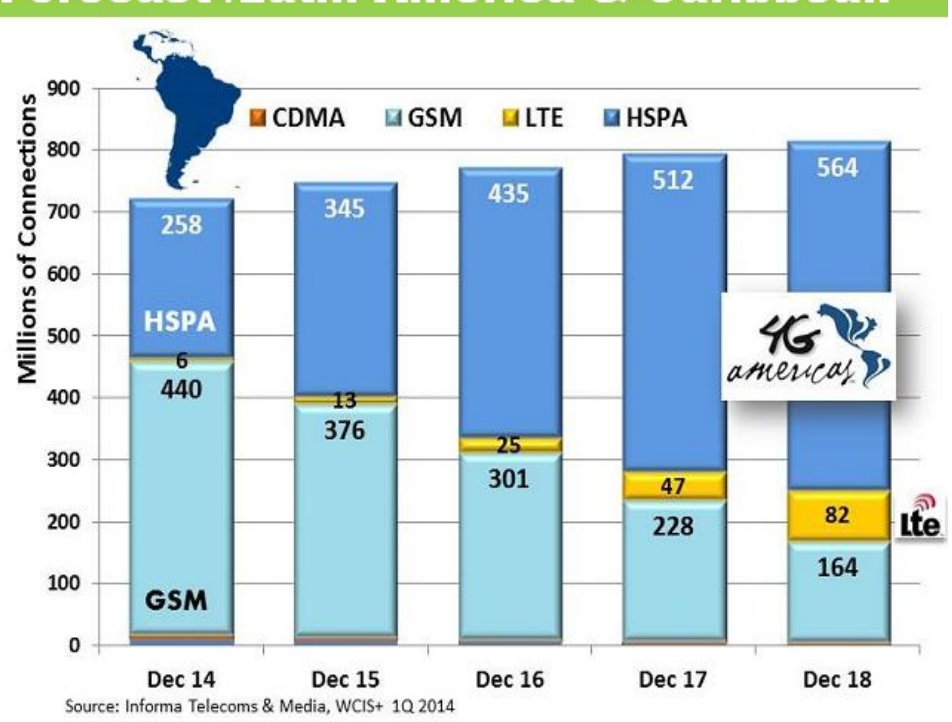


Fuente: Ericcson (Nov 2012)



LA&CA participación en el mercado de la tecnología móvil







Agenda

- Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF
- **Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial**
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel
- Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición
- Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

El objetivo de los ensayos de laboratorio realizados durante el proceso de certificación y homologación de los productos de telecomunicaciones es verificar que tales equipos cumplan con los requisitos técnicos mínimos que garanticen su funcionamiento en medio a la existencia de diversos sistemas de comunicación, incluso otros aspectos, como:

- Calidad de servicios para el usuario
- Interoperabilidad de los equipos
- Compatibilidad electromagnética
- Seguridad del usuario





Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

En Brasil, la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (**ANATEL**) es el organismo competente y responsable por establecer los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir los dispositivos de telecomunicaciones. Tales requisitos hacen referencia a documentos normativos elaborados por la propia Agencia y/o normas y estándares internacionales.





Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Los requisitos técnicos para la homologación de los terminales móviles en Brasil están contenidos en el documento publicado por ANATEL llamado:

“REQUISITOS TÉCNICOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS APLICÁVEIS À CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS PARA TELECOMUNICAÇÃO DE CATEGORIA I”

En español:

REQUISITOS TECNICOS Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE TELECOMUNICACIÓN DE CATEGORÍA I

www.anatel.gov.br → Informações Técnicas→Certificação de Produto



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

REQUISITOS TECNICOS Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE TELECOMUNICACIÓN DE CATEGORÍA I

Produto: **Telefone móvel celular**

Documento normativo	Requisitos aplicáveis (vide nota II)	Procedimentos de ensaios
Todas as tecnologias: a) Anexo à Resolução Nº 442 de 21 de julho de 2006 - Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética.	- Na íntegra, no que for aplicável, exceto Título II – Dos requisitos de emissão de perturbações eletromagnéticas radiadas, artigo 6° parágrafo 2	- vide notas III, IV e V.
b) Anexo à Resolução nº 529, de 03 de junho de 2009 - Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica.	- Na íntegra, no que for aplicável.	- vide notas III, IV e IX.
c) Anexo à Resolução nº 303 de 02 de julho de 2002 - Regulamento Sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofreqüências entre 9 Khz e 300 GHz	- Título II – Capítulo II - Dos Limites de Exposição – Tabela V- Restrições Básicas para exposição a CEMRF, na faixa de radiofreqüências entre 9 kHz e 10 GHz e Art. 11.	- Título III – Capítulo II - Dos Procedimentos de Avaliação de Estações Terminais Portáteis
Tecnologia CDMA: a) TIA/EIA-98-C - Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Spread Spectrum Mobile Stations	3.5.2 - Emissão de espúrios radiados (receptor); 4.1.1 - Exatidão de freqüência; 4.4.1 - Faixa de potência de saída em loop aberto; 4.4.5 - Potência de saída de RF máxima; 4.4.6 - Potência de saída mínima controlada; 4.5.1 - Emissão de espúrios conduzidos; 4.5.2 – Emissão de espúrios radiados (transmissor).	- Os procedimentos de ensaio se encontram no próprio documento normativo; - Os ensaios não deverão levar em consideração variações de temperatura e tensão de alimentação. - vide nota IV;
Tecnologia GSM – GSM 850, GSM 900, DCS 1800 e PCS 1900:	12.1.1 -Emissão de espúrios conduzidos - terminal em comunicação:	- Os procedimentos de ensaio se encontram no próprio documento normativo;

Requisitos de CEM, Seguridad, SAR y Funcionales



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales
Tecnología 2G (GSM, GPRS y EDGE) Norma de referencia: 3GPP TS 51.010-1 V6.5.0 (2005-11) 12.1 Conducted spurious emissions 12.2 Radiated spurious emissions 13.1 Frequency error and phase error 13.16.1 Frequency error and phase error in GPRS multislot configuration 13.17.1 Frequency error and Modulation accuracy in EGPRS Configuration 13.3 Transmitter output power and burst timing 13.16.2 Transmitter output power in GPRS multislot configuration 13.17.3 EGPRS Transmitter output power



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales
Tecnología 3G (WCDMA) Norma de referencia: ETSI TS 134 121-1 V9.1.0 (2010-07) 5.2 Maximum Output Power 5.3 Frequency error 5.4.1 Open Loop Power Control in the Uplink 5.4.2 Inner Loop Power Control in the Uplink 5.4.3 Minimum Output Power 5.5.1 Transmit OFF Power 5.5.2 Transmit ON/OFF Time mask 5.7 Power setting in uplink compressed mode 5.9 Spectrum emission mask 5.11 Spurious Emissions 5.13.1 Error Vector Magnitude (EVM)



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales

Tecnología 3G (HSDPA y HSUPA)

Norma de referencia: ETSI TS 134 121-1 V9.1.0 (2010-07)
5.2AA Maximum Output Power with HS-DPCCH
5.2B Maximum Output Power with HS-DPCCH and E-DCH
5.2C UE relative code domain power accuracy
5.2D UE Relative Code Domain Power Accuracy for HS-DPCCH and E-DCH
5.7A HS-DPCCH power control
5.9A Spectrum Emission Mask with HS-DPCCH
5.9B Spectrum Emission Mask with E-DCH
5.13.1A Error Vector Magnitude (EVM) with HS-DPCCH
5.13.1AA Error Vector Magnitude (EVM) and phase discontinuity with HS-DPCCH
5.13.2A Relative Code Domain Error with HS-DPCCH
5.13.2B Relative Code Domain Error with HS-DPCCH and E-DCH



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales
Tecnología LTE Norma de referencia: 3GPP TS 36.521-1 V9.5.0 (2011-06) 6.2.2 UE Maximum Output Power 6.2.3 Maximum Power Reduction (MPR) 6.2.5 Configured UE transmitted Output Power 6.3.2 Minimum Output Power 6.3.4.1 ON/OFF time mask 6.5.1 Frequency Error 6.5.2.1 Error Vector Magnitude (EVM) 6.5.2.2 Carrier Leakage 6.5.2.3 In-band emissions for non allocated RB 6.6.1 Occupied bandwidth 6.6.2.1 Spectrum Emission Mask 6.6.2.3 Adjacent Channel Leakage power Ratio 6.6.3.1 Transmiter spurious emissions



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales
Tecnología Bluetooth Anexo de la Resolución Nº 506 del 1 de julio de 2008 – Reglamento sobre equipos de radiocomunicación de radiación restringida <u>Sección IX</u> Separación de las frecuencias portadoras de los canales de salto Potencia de pico máxima de salida del transmisor Frecuencias de salto Máximo ancho de banda ocupada del canal de salto a 20 dB Tiempo medio de ocupación de cualquier frecuencia Emisiones no esenciales



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos funcionales
Tecnología Wi-Fi Anexo de la Resolución Nº 506 del 1 de julio de 2008 – Reglamento sobre equipos de radiocomunicación de radiación restringida <u>Sección IX</u> Potencia máxima de salida del transmisor Máximo ancho de banda ocupada del canal de salto a 6 dB Pico de densidad de potencia en cualquier banda de 3 kHz Emisiones no esenciales <u>Sección X</u> Potencia máxima de salida del transmisor Valor medio de la potencia e.i.r.p. Valor medio de la densidad espectral de potencia e.i.r.p. Emisiones no esenciales Transmit Power Control (TPC) Dynamic Frequency Selection (DFS)



Requisitos de ensayo de certificación en Brasil

Ensayos de SAR

Anexo de la Resolución nº 533, del 10 de septiembre de 2009 – Norma para certificación y homologación de equipos de telecomunicaciones con respecto a los aspectos de la evaluación de la tasa de absorción específica (SAR).

Ensayos de EMC

Anexo de la resolución nº 442, del 21 de julio de 2006 – Reglamento para certificación de equipos de telecomunicaciones con respecto a los aspectos de compatibilidad electromagnética.

Ensayos de seguridad eléctrica (Safety)

Anexo de la Resolución nº 529, del 3 de junio de 2009 – Reglamento para certificación de equipos de telecomunicaciones con respecto a los aspectos de seguridad eléctrica



Escenario regulatorio en el mundo

Entidades internacionales de normalización

- **IEC** – International Eletrotechnical Commission
- **CISPR** – Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
- **ITU** – International Telecommunication Union
- **ITU-R** – Radiocommunication Sector
- **ITU-T** – Telecommunication Standardization Sector



Escenario regulatorio en el mundo



3GPP – 3rd Generation Partnership Project

Fue creado dentro del objetivo del **proyecto** denominado "**International Mobile Telecommunications - 2000 de la UIT** para tratar sobre la 3ª generación del sistema móvil. Después tuvo su alcance ampliado para el desarrollo y mantenimiento de tecnologías de radio acceso. Reúne una serie de organismos de normalización de telecomunicaciones, conocidos como "Organizational Partners".

La **ETSI** fue una de las entidades socias fundadoras del **3GPP** y participa de la evolución del 3G y de las demás tecnologías.



Escenario regulatorio en el mundo

El "3GPP Organizationals Partners" se compone de seis miembros originarios de Asia, Europa y América del Norte. El objetivo de cada uno de ellos es determinar la política general y la estrategia del 3GPP.

- Association of Radio Industries and Businesses (**ARIB**) – Japón
- Aliance for Telecommunications Industry Solutions (**ATIS**) – EE.UU.
- China Communications Standards Association (**CCSA**) – China
- European Telecommunications Standards Institute (**ETSI**) – Europa
- Telecommunications Technology Association (**TTA**) – Corea
- Telecommunication Technology Committee (**TTC**) – Japón















Escenario regulatorio en el mundo

EE.UU.

Federal Communication Commission rules.

47 CFR Part 15 – Dispositivos de radiofrecuencia

15.209 Emisiones radiadas – requisitos generales

15.245 Operación en las bandas 902-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz and 24075-24175 MHz.
Por ej.: Wi-Fi, RFID, Bluetooth

15.407 Requisitos generales para (U-NII) Dispositivos de la infraestructura de la información nacional no licenciada. Dispositivos que operan en la banda de 5,15-5,35 GHz, 5,47-5,725 GHz y 5,725-5,825 GHz
Por ej.: LAN y Wi-Fi.



Escenario regulatorio en el mundo

EE.UU.

Federal Communication Commission rules

47 CFR Parte 22 – Servicios móviles públicos

- **Subparte H** – Servicio de radiotélefono celular
- **22.900** Alcance

......

- **22.905** Canales para servicio celular
- ….
- **22.913** Límites para potencia efectivamente radiada
- **22.917** Limitación de las emisiones del equipo celular
- ……
- **22.973 ....**



Escenario regulatorio en el mundo

EE.UU.

Federal Communication Commission rules

47 CFR Part 24 – Servicios de comunicación personal (PCS)

- **Subpart** E – Banda ancha PCS
- **24.200** Alcance
- **……….**
- **24.236** Límites para intensidad de campo
- ………..
- **24.238** Limites de emisión para equipo PCS banda ancha



Escenario regulatorio en el mundo

EE.UU.

Federal Communication Commission rules

- OET Bulletin 65, Edition 97-1
- Abordaje de la SAR – Specific Absorption Ratio



Escenario regulatorio en el mundo

Unión Europea

Para que se comercialicen los terminales celulares en los países de la Unión Europea deben estar de acuerdo con las Directivas Europeas aplicables, que establecen los requisitos esenciales que deben cumplir los productos.

- Directiva 2011/65/EU – RoHS
  (sobre la restricción de uso de sustancias peligrosas)
- Directiva 2012/19/EC – WEEE
  (sobre residuos y descarte de equipos electrónicos)
- Directiva 2006/66/EC – Battery and accumulator
  (minimización del impacto ambiental del uso de baterías)
- Directiva 1999/5/EC – R&TTE
  (sobre equipos de radio y terminales de telecomunicaciones)



Escenario regulatorio en el mundo

Unión Europea

Directiva 2012/19/EU sobre los residuos y descarte de equipos eléctricos y electrónicos (WEEE)

Directive 2011/65/EU sobre la restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos (RoHS)

EN 50581:2012

Directiva 2006/66/EU sobre el uso y descarte de baterías

Tiene por objetivo minimizar el impacto negativo de baterías y acumuladores así como su descarte sobre el ambiente.



Escenario regulatorio en el mundo

Unión Europea

Directiva 1999/5/CE (R&TTE) referente a los equipos de radio y equipos terminales de telecomunicaciones

Artículo 3 – Requisitos esenciales

3.1 (a) Protección y seguridad de los usuarios

3.1 (b) Compatibilidad electromagnética.

3.2 Aspectos de radio/RF relacionados al uso eficiente del espectro radioeléctrico asignado sin causar radiointerferencia.



Escenario regulatorio en el mundo

Unión Europea

La indicación de normas armonizadas es publicada por el Diario Oficial de la Unión Europea.

Los productos que están de acuerdo con las normas armonizadas son considerados como cumplidores de los requisitos esenciales establecidos por las Directivas.

Las entidades responsables por la elaboración de las normas son:

European Telecommunication Standard Institute (ETSI)

European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)

http://europa.eu/youreurope/business/profiting-from-eu-market/selling-goods/index_es.htm



Escenario regulatorio en el mundo

Ejemplo de normas armonizadas referentes a la Directiva 1999/5/EC - R&TTE aplicables al terminal celular

ITEM R&TTE	Standard	Scope
3.1.a	EN60950-1:2006 EN 50360:2001	Safety Requirement regarding R F human exposure
3.1.b	EN 301 489-1 v1.9.2 EN 301 489-3 V1.6.1 EN 301 489-7 V1.3.1 EN 301 489-17 V2.1.1 EN 301 489-19 V1.2.1 EN 301 489-24 V1.5.1	EMC – Commom technical requirements EMC – Short Range Devices – 9 kHz – 246 GHz EMC – Mobile and portable devices – GSM and DCS EMC – Broadband Data Transmission Systems EMC – ROMES operating in 1,5 GHz EMC – IMT-2000 CDMA (UTRA and E-UTRA)
3.2	EN 300 328 V1.7.1 EN 300 440-2 V1.4.1 EN 301 511 V9.0.2 EN 301 908-1 V5.2.1 EN 301 908-2 V5.2.1 EN 301 908-13 V5.2.1	Wide band transmission at 2,4 GHz ISM band Short Range Devices in the band 1 GHz – 40 GHz MS in GSM -900 MHz and GSM-1800 MHz bands IMT Cellular Network - commom requirement IMT Cellular Network : – CDMA – UTRA - FDD IMT Cellular Network : E-ULTRA

http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/rtte/index_en.htm



Escenario regulatorio en el mundo

Las normas de EMC aplicables a los terminales celulares utilizan posibles referencias internacionales de la IEC y CISPR, como, por ejemplo:

IEC 61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 11 - Immunity

IEC/CISPR 22 – Radio Interference from ITE

Requisitos con respecto a seguridad IEC 60950

Requisitos con respecto a los límites y métodos de medición de SAR, en Europa se utiliza la norma armonizada EN50360, sin embargo el tema es bastante discutido internacionalmente.

http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/rtte/index_en.htm



Escenario regulatorio en el mundo

Documentos internacionales relacionados con la SAR (Specific Absorption Rate) adoptados como referencia en todo el mundo.

- IEEE STD 1528 (2003) IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial – Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques.
- EN50371:2002. Generic Standard to demonstrate the compliance of low power electronic and electrical apparatus with basic restrictions relate to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz – 300 GHz) – General public, 2002.
- IEC 62209 – 01:2005. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz), 2005.
- IEC 62209 – 02 – DRAFT. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) in the head and body for 30 MHz to 6 GHz Handheld and Body-Mounted Devices used in close proximity to the Body, 2008.
- AUSTRALIAN COMMUNICATIONS AUTHORITY, Radiocommunications (Electromagnetic Radiation — Human Exposure) Standard, 2003.



Escenario regulatorio en el mundo

- FCC OET65 Supplement C. Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields -Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and Portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to Radiofrequency Emissions - Supplement C.
- UNITED STATES ARMY, Gordon, C. C., Churchill, T., Clauser, C. E., Bradtmiller, B., McConville, J. T., Tebbetts, I., and Walker, R. A. "1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics" Technical Report NATICK/TR-89/044, U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center, Natick, Massachusetts, Set. 1989.
- Kuster N., Kästle, R., and Schmid, T. "Dosimetric evaluation of mobile communications equipment with known precision" IEICE Transactions on Communications, May 1997, vol. E80-B, no. 5, pp. 645-652.

Normas y límites adoptados en algunas regiones del mundo:

Region / Country	-Reference to – SAR measurement protocol	Reference to SAR limit	Limit
Europe / Brazil	European Specification ES 59005 (1998)	ICNIRP Guidelines 1998 (ICNIRP 1998)	2.0 W/kg in 10g of tissue
Australia	Australian Communications Authority (ACA) Standard (ACA RS 1999)	Australian Standard AS/NZS 2772.1	1.6 W/kg in 1g of tissue
US	Federal Communications Commission (FCC) Guidelines (FCC 1997)	American Standard ANSI C95.1 (ANSI 1992)	1.6 W/kg in 1g of tissue



Agenda

- Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF
- Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial
- **Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel**
- Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición
- Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



Ensayos de SAR – Definiciones

SAR – Specific Absorption Rate – Tasa de absorción específica

SAR se define como la energía electromagnética absorbida por una masa contenida en un determinado volumen de una determinada densidad, en un período de tiempo medio (ANSI, 1982).

La unidad de medida de SAR es W/kg, es decir, representa la potencia absorbida por unidad de masa.

Los límites normativos para el ensayo de SAR se establecen a partir de estudios científicos sobre el efecto de la radiación, para garantizar que la salud del usuario no se vea afectada a corto plazo. Por lo tanto, este es un ensayo fundamental bajo el aspecto de seguridad del usuario.



Ensayos de SAR – Definiciones

FORMULACIÓN

$$SAR = \frac{d}{dt}\left(\frac{dW}{dm}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{dW}{\rho dV}\right)$$

***dW* = Energía electromagnética**

***dm* = Masa**

***dV* = Volumen**

ρ = Densidad

$$SAR = \left.\frac{c\Delta T}{\Delta t}\right|_{t=0}$$

c = Calor específico

ΔT = Variación de la temperatura

Δt = Duración (tiempo) de la exposición

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}$$

σ = Conductibilidad eléctrica

E = Valor rms del vector campo eléctrico

ρ = Densidad del medio



Ensayos de SAR – Técnicas de medición

Modificación de la temperatura

- Puntas para medir la temperatura
  - Tecnología eléctrica u óptica
- Calorímetros

Medidas de campo eléctrico

- Puntas con dipolos con diodos
- Puntas con sensores ópticos

Tecnología adoptada por todas las normas

- Puntas con dipolos con diodos



Ensayos de SAR – Técnicas de medición

DIPOLE SENSOR
HIGH-RESISTANCE LINES
DETECTOR DIODE
54.7°
45°
Δ-BEAM
I-BEAM

HSCH-5331
2MΩ
100kΩ/□
C(22pF)
2MΩ
100kΩ/□
40kΩ/cm
1kΩ/□

PROBE AXIS
PLASTIC SLEEVE
DIELECTRIC I-BEAM
HIGH-RESISTANCE LINES
DIPOLE SENSOR
SENSOR OFFSET
DIODE-DETECTOR AT DIPOLE FEED-POINT
DIAMETER
PROBE TIP



Ensayos de SAR – Dispositivo bajo prueba

Los ensayos de SAR deben realizarse en equipos portátiles de telecomunicaciones de radiofrecuencia y que operen próximos al cuerpo humano. En Brasil se definió, en el Anexo de la Resolución Nº 533, que cualquier terminal portátil que opere en la banda entre 300 MHz y 6 GHz está sujeto a la realización de los ensayos de SAR.

Ejemplos de terminales portátiles de telecomunicaciones:

Celulares



Tablets



Módem

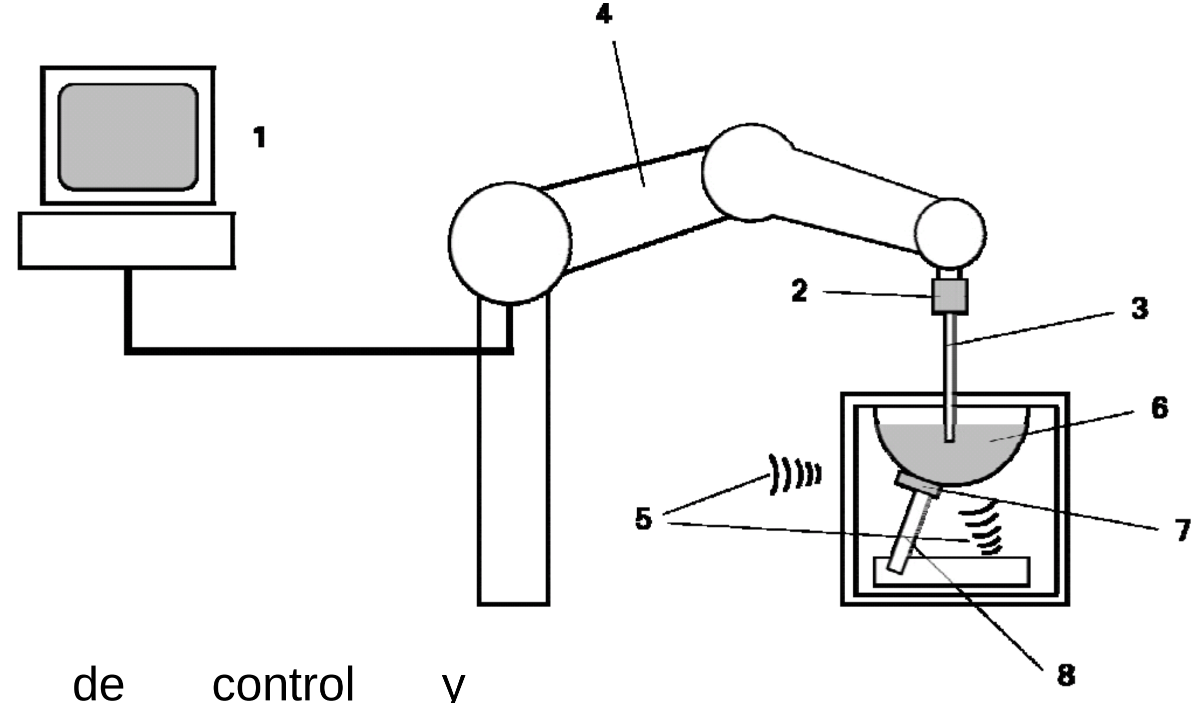


Radios PTT





Ensayos de SAR – Setup básico de prueba



1) Unidad de control y adquisición de datos
2) Electrónica de transducción de la punta de prueba
3) Punta de prueba dosimétrica de campo eléctrico
4) Brazo robotizado posicionador de la punta de prueba
5) Campos electromagnéticos presentes
6) Phantom rellenado por líquido simulador
7) Terminal bajo prueba (UE)
8) Posicionador del terminal bajo prueba (UE)



Ensayos de SAR – Requisitos del ambiente

Normas de referencia:

- IEEE 1528 – Ítem 6.6.1.1
- IEC 62.209 – Ítem 5.1

Temperatura ambiente: 18 a 25 °C

Variación máxima de la temperatura del líquido: ± 2 °C

- Con relación a su temperatura durante la caracterización

El terminal que está en prueba no se puede conectar a la red local

Ruido de RF: < 0,012 W/kg

- Ruido externo
- Ruido interno (reflexiones, transmisores de RF internos, etc.)
- 3% del límite mínimo de detección de la sonda (0,4 W/kg)

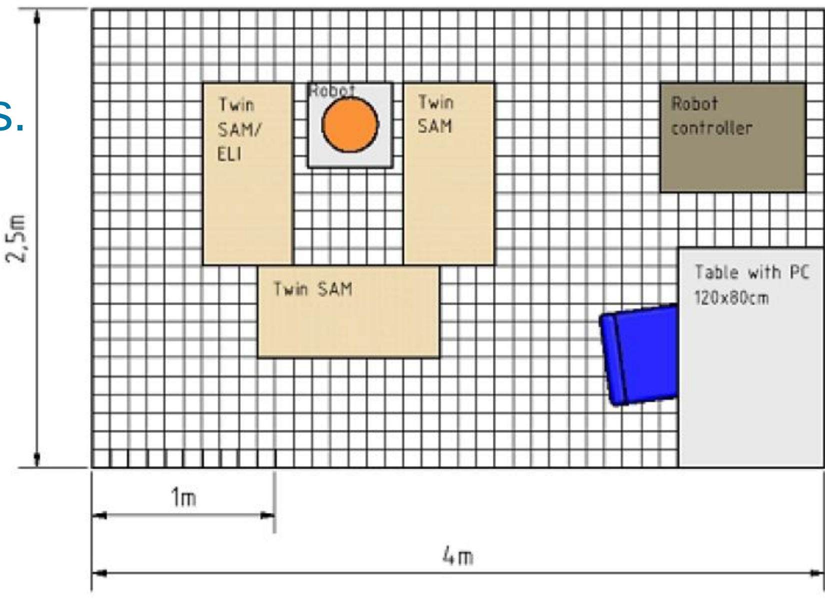


Ensayos de SAR – Requisitos del ambiente

Uso de sala blindada

Premisas:

- Uso de filtros de entrada para todos los cables.
- Para blindar campos electromagnéticos en altas frecuencias, se utilizan materiales que sean buenos conductores.
- Con más de 10 MHz, predominan las pérdidas por absorción.
- Óptimos blindajes en cualquier placa.
- La conductora es sólida.
- Los espesores son muy pequeños.



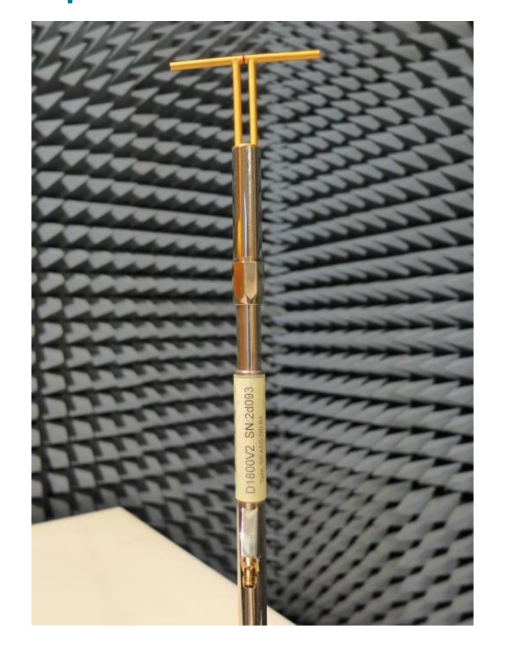


Ensayos de SAR – Instrumental básico

Sonda de medición



Dipolo de validación



Unidad de adquisición
de datos (DAE)





Ensayos de SAR – Instrumental básico

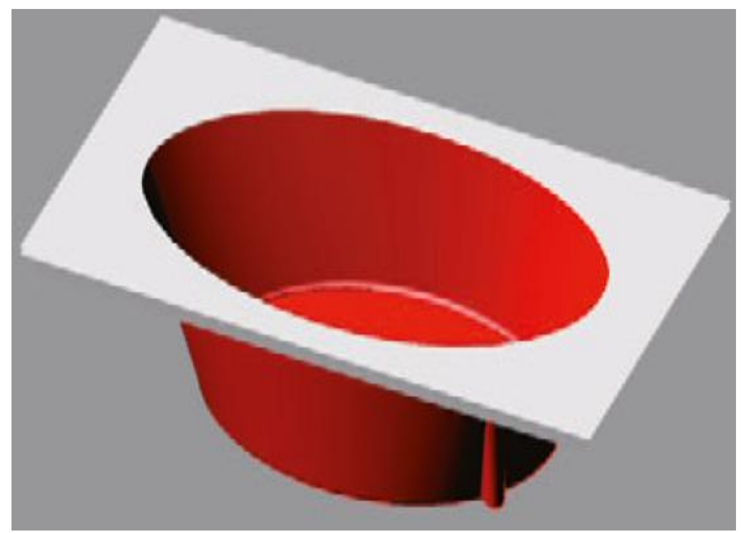
Maniquí biseccionado (“Twin SAM”) y posicionador



Ensayos de SAR – Instrumental básico

Maniquí plano (ELI)





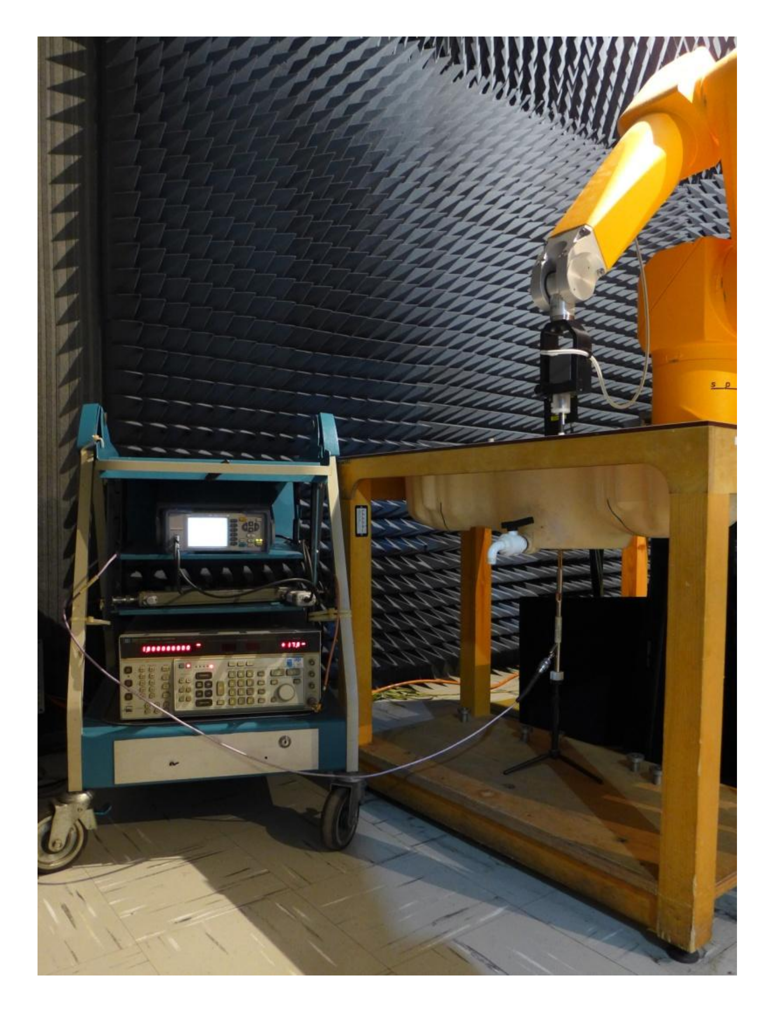


Ensayos de SAR – Instrumental básico

Setup de validación

Setup de dieléctrico







Ensayos de SAR – Instrumental básico

Líquido simulador

Normas de referencia

- IEEE 1528: Ítem 5.3.1 y Anexo C
- IEC 62.209: Ítem 5.2.4 y Anexo I

Líquido con propiedades dieléctricas

- Equivalente al tejido humano
- Homogéneo: Valor medio de varios tejidos humanos
- Transparente y de baja viscosidad
- Depende de la frecuencia



Ensayos de SAR – Instrumental básico

Líquido simulador – Propiedades

IEEE 1528 e IEC 62.209 Parte 1		
Frecuencia (MHz)	**Permisividad relativa (ε_r')**	**Conductividad (σ) (S/m)**
300	45,30	0,87
450	43,50	0,87
835	41,50	0,90
900	41,50	0,97
1.450	40,50	1,20
1.800–2.000	40,00	1,40
2.450	39,20	1,80
3.000	38,50	2,40

IEC 62.209 Parte 2 – Frecuencias adicionales		
Frecuencia (MHz)	**Permisividad relativa (ε_r')**	**Conductividad (σ) (S/m)**
30	[55,0]	[0,75]
150	[52,3]	[0,76]
4.000	38,00	3,50
5.000	36,20	4,40
5.200	36,00	4,70
5.400	35,80	4,90
6.000	35,30	5,30



Ensayos de SAR – Instrumental básico

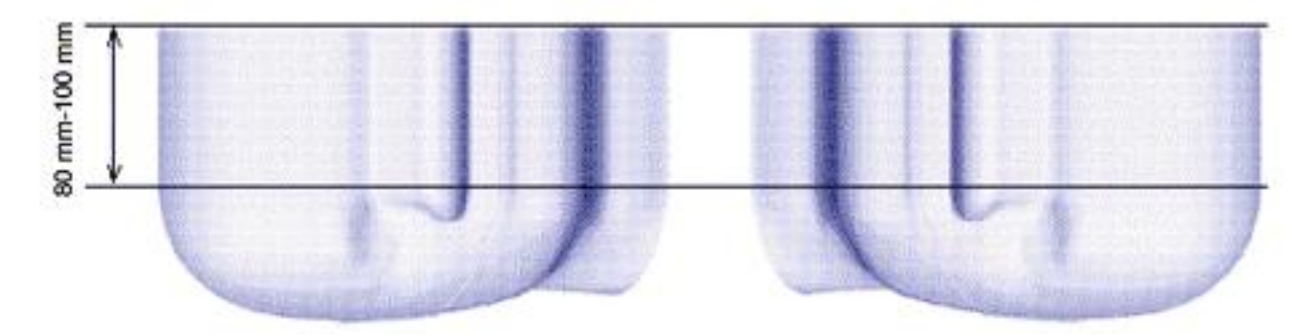
Líquido simulador – Ingredientes

- Sacarosa (azúcar) (pureza > 98%)
- Cloruro de sodio (sal) (pureza > 99%)
- Agua desionizada (Resistividad mínima 16 MΩ.cm)
- Hidroxietil celulosa (HEC)
- Bactericida
- Dietileno glicol butil éter (DGBE) (pureza > 99%)
- Triton X-100 - Polietileno glicol mono [4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl) phenyl ether] Ultrapuro



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

- Para la realización de los ensayos de SAR en la cabeza tenemos:
  - Maniquí SAM Gemelo biseccionado(“Twin SAM”)

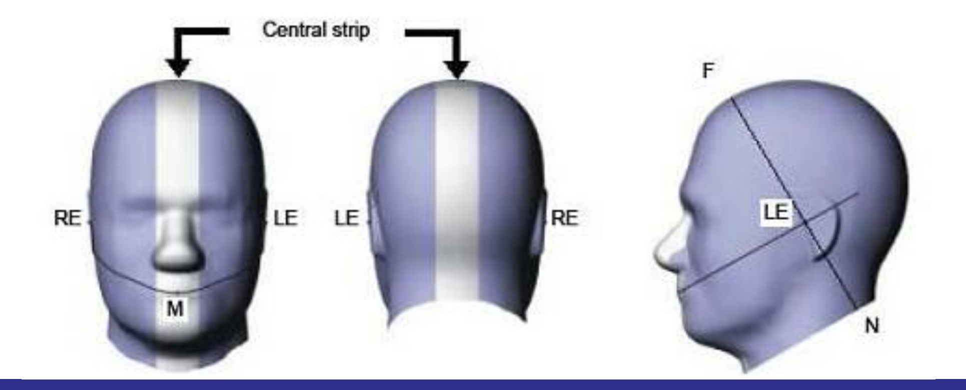


El maniquí SAM biseccionado se utiliza para la realización de los ensayos simulando el uso en la cabeza del usuario. Estas pruebas se realizan al lado derecho e izquierdo de la cabeza en dos posiciones diferentes: apoyado en el rostro y con 15º de inclinación.



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

A continuación mostramos una ilustración del maniquí de cabeza.

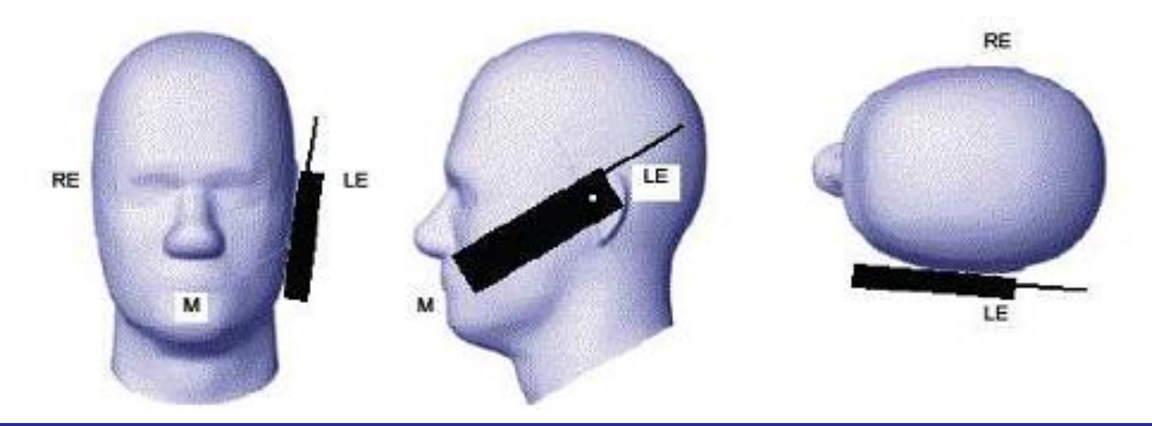


Leyenda:
RE: Punto de referencia oreja derecha (Ear Reference Point – ERP)
LE: Punto de referencia oreja izquierda (Ear Reference Point – ERP)
M: Punto de referencia de la boca
F Línea N – F: punto final del rostro (esta marca no es necesaria en el maniquí – SAM).
N Línea N – F: punto final del cuello (esta marca no es necesaria en el maniquí – SAM).
Este modelo de cabeza completa se utiliza solamente con propósito ilustrativo y se deriva directamente del conjunto del maniquí



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Cómo se colocan los terminales en la cabeza del maniquí biseccionado:

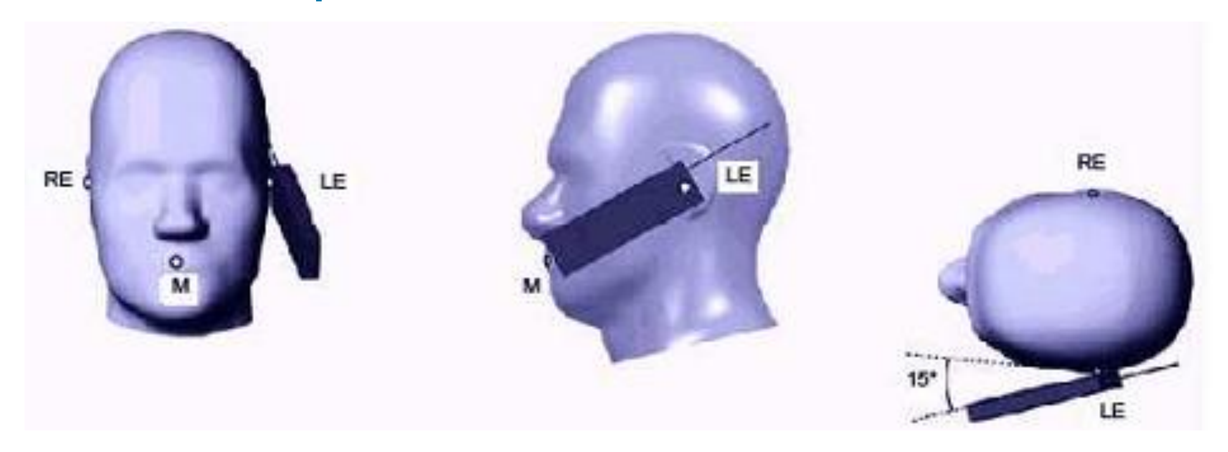


Leyenda:
RE: Punto de referencia oreja derecha (Ear Reference Point – ERP)
LE: Punto de referencia oreja izquierda (Ear Reference Point – ERP)
M: Punto de referencia de la boca
Este modelo de cabeza completa se utiliza solamente con propósito ilustrativo y se deriva directamente del conjunto del maniquí



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Cómo se colocan los terminales con 15º de inclinación en la cabeza del maniquí biseccionado:



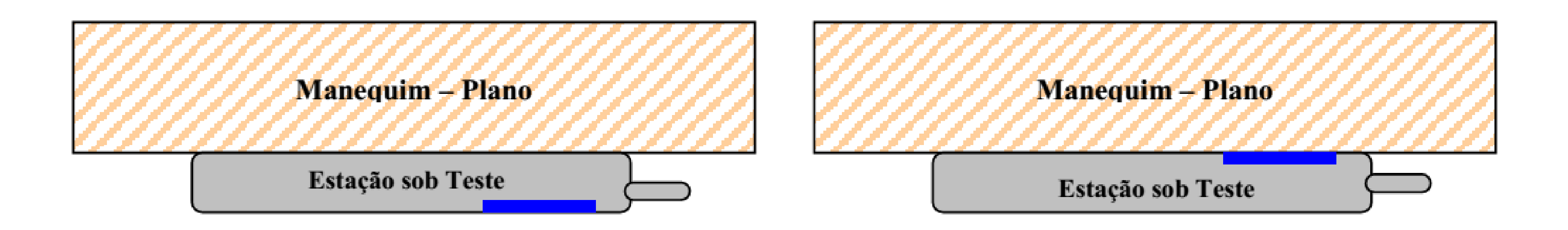
Leyenda:
RE: Punto de referencia oreja derecha (Ear Reference Point – ERP)
LE: Punto de referencia oreja izquierda (Ear Reference Point – ERP)
M: Punto de referencia de la boca
Este modelo de cabeza completa se utiliza solamente con propósito ilustrativo y se deriva directamente del conjunto del maniquí



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Los ensayos en el cuerpo deben realizarse con el terminal de frente y al reverso, de acuerdo con la siguiente imagen:

Colocado en el maniquí plano

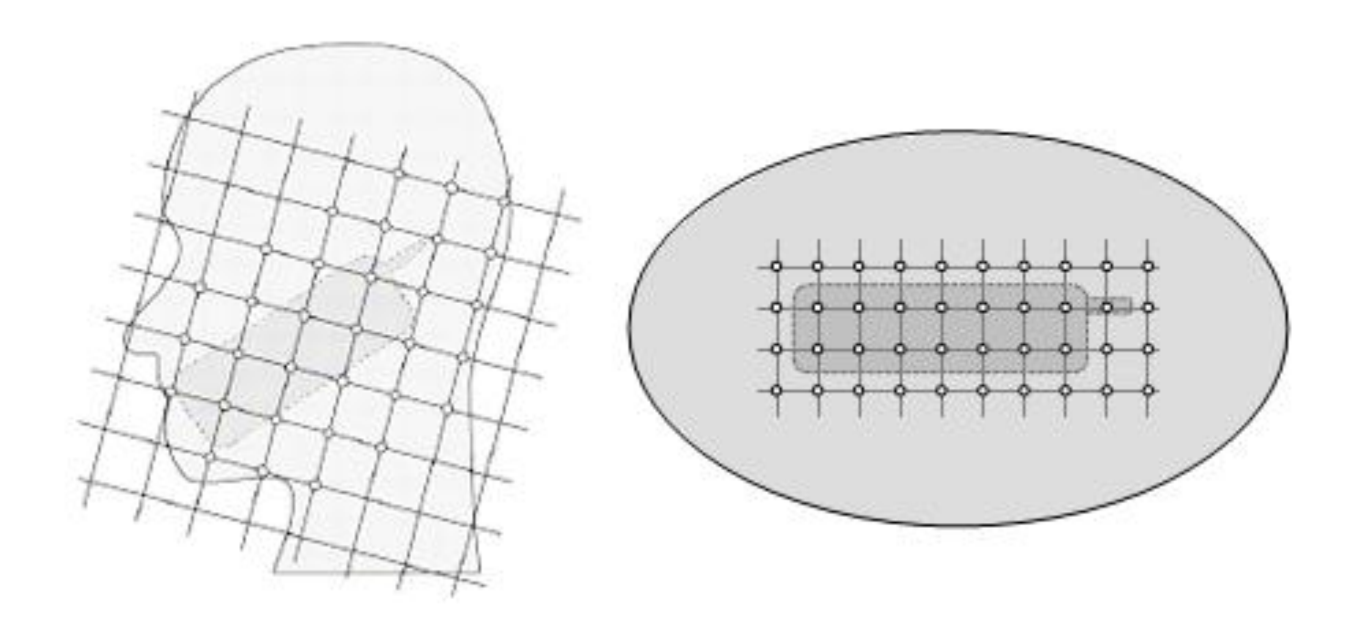


Si el fabricante informa una distancia recomendada entre el terminal y el maniquí, los ensayos en el cuerpo deben realizarse con la distancia informada.



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Cómo debe ser el área de barrido del terminal bajo ensayo.



Área de la cabeza

Área del cuerpo



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Ejemplos de colocación en la cabeza del maniquí:

Cheek (Apoyado)



Tilt (15º de inclinación)





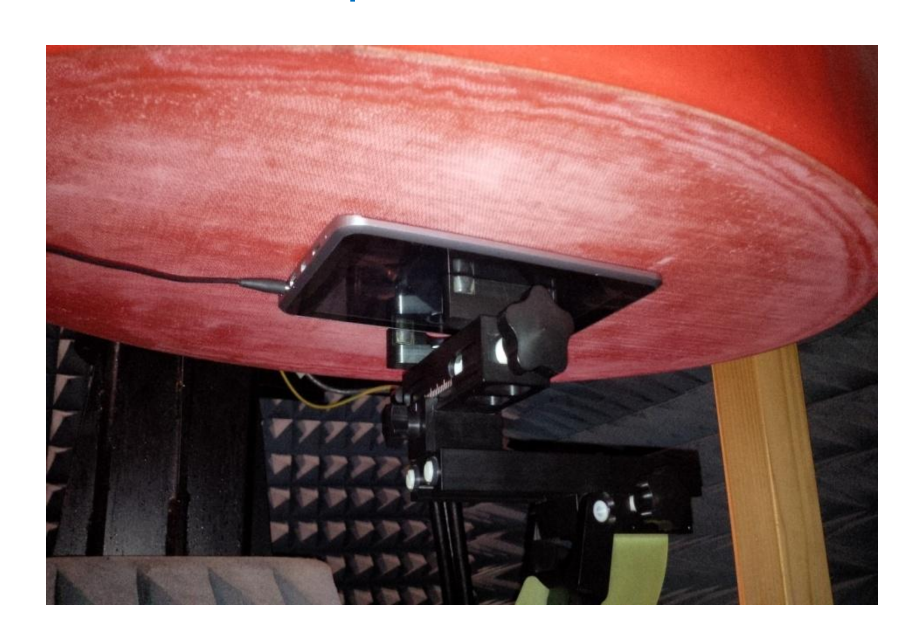
Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

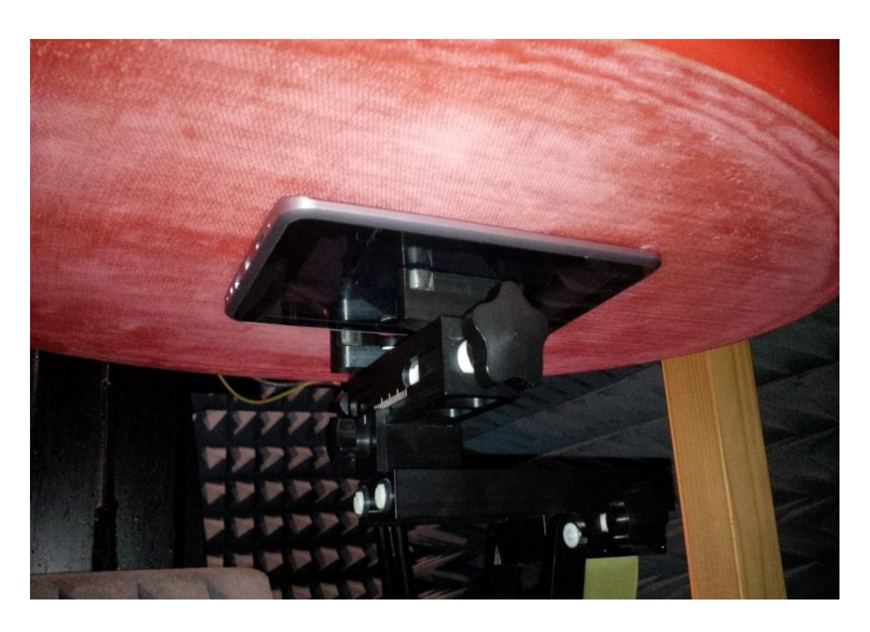
Ejemplos de colocación del terminal en el maniquí plano:

Cuerpo con accesorios



Cuerpo con accesorios







Ensayos de SAR – Escenarios de prueba

Si el terminal utiliza accesorios, tales como: audífono con cable, fundas de tejido o cuero, clip de correa, etc. Los ensayos en el cuerpo deben ejecutarse con y sin estos accesorios.

Ejemplos de accesorios:

Funda de cuero con clip de correa.



Audífono con cable.





Ensayos de SAR – Escenarios de prueba – Cabeza

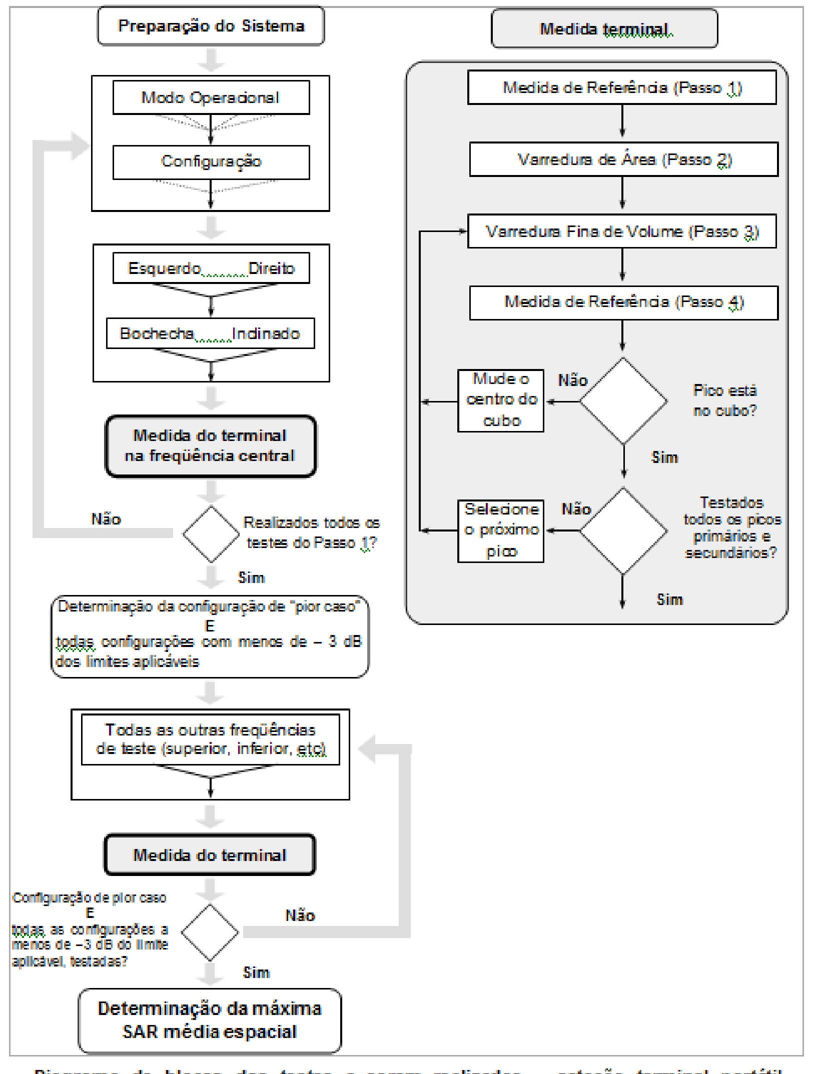


Diagrama de blocos dos testes a serem realizados – estação terminal portátil operando próxima à cabeça



Ensayos de SAR – Escenarios de prueba – Cuerpo

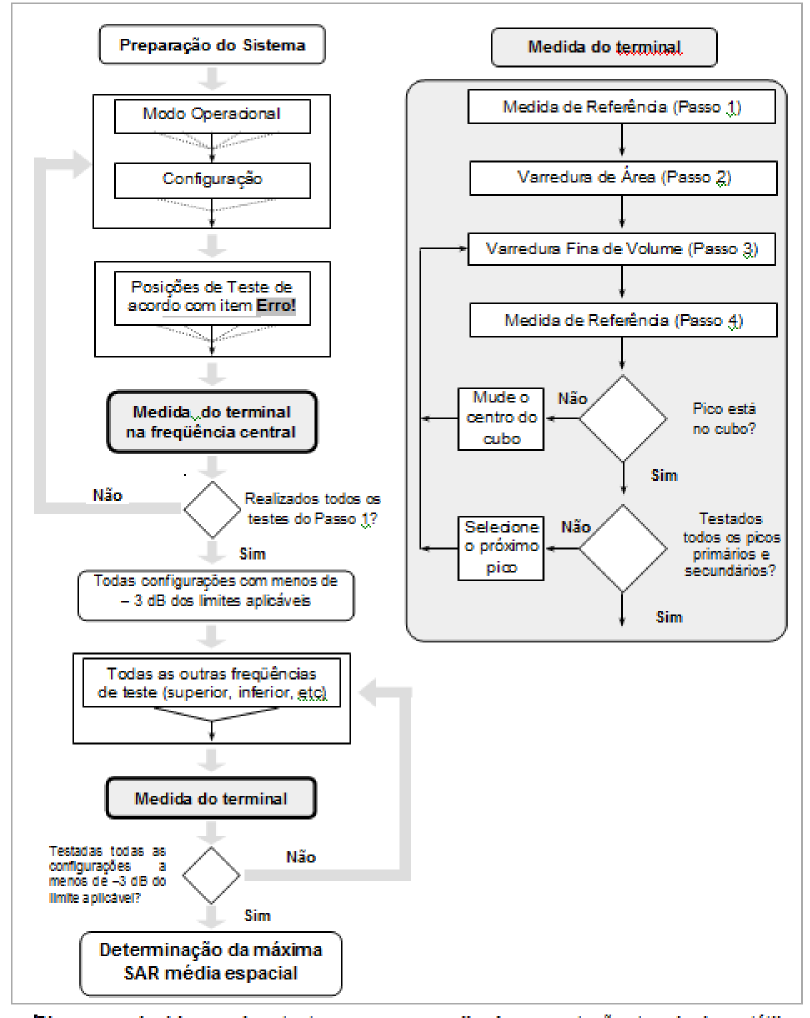


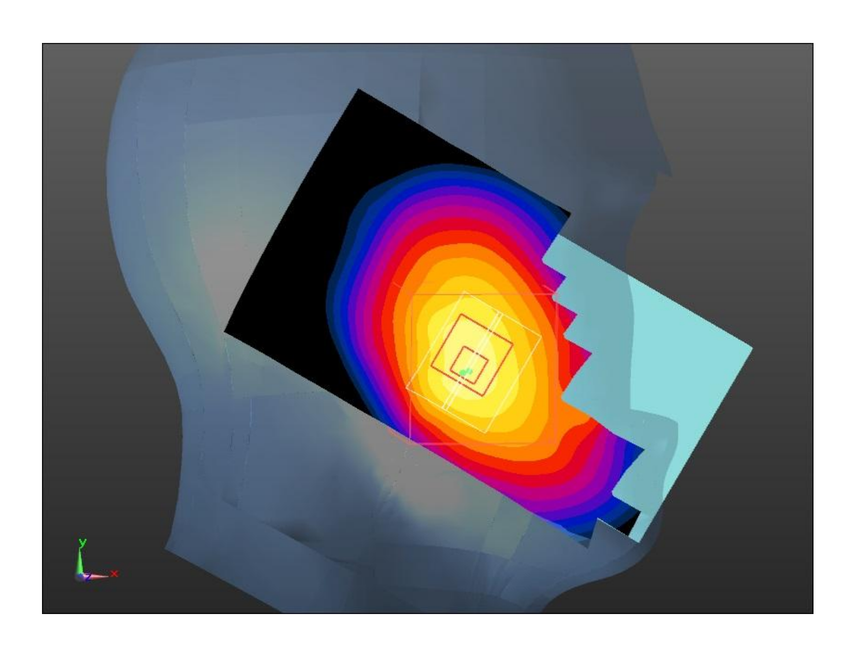
Diagrama de blocos dos testes a serem realizados – estação terminal portátil operando próxima ao corpo



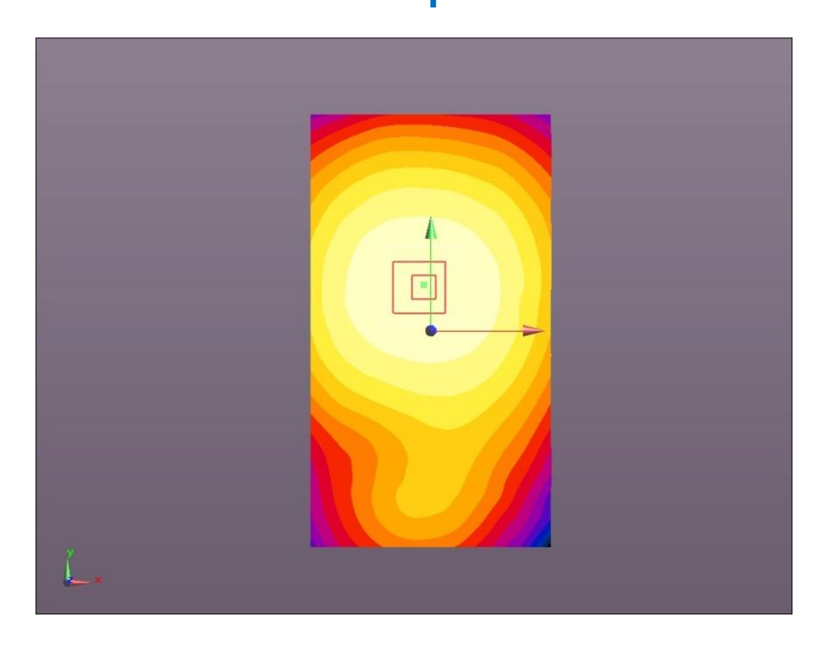
Ensayos de SAR – Resultados del ensayo

Ejemplo de cómo es el cubo de 10g en la cabeza y en el cuerpo:

Cabeza



Cuerpo





Ensayos de SAR – Límite normativo para el ensayo de SAR en Brasil

Área de uso	Límites – Cubo de 10g
Cabeza	2W/kg
Cabeza / Cuerpo	2W/kg
Solamente cuerpo / Otros miembros	4W/kg
Frente al rostro	4W/kg



Agenda

Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF

Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial

Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel

Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición

Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025

Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre Exigencia para atención de la ISO IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

REFERENCIAS BÁSICAS EXISTENTES

Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM) JCGM 100:2008

Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents JCGM 104:2009

Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method JCGM 101:2008

Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Extension to any number of output quantities JCGM 102:2011

Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment JCGM 106:2012

http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

REFERENCIAS EXISTENTES

International vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) – 3rd edition

Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)

http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Varias normas de requisitos y métodos de medición actualmente incluyen el abordaje de incertidumbre en los ensayos. Ej.:

CISPR 16.4.2 – Uncertainty in Standardized EMC Tests

IEC 61000-4-2 – Método de ensayo de inmunidad a descarga electrostática

IEC 61000-4-3 – Método de ensayo de inmunidad a campos radiados

IEC 61000-4-4 – Método de ensayo de inmunidad a transientes rápidos

IEC 61000-4-6 – Método de ensayo de inmunidad a señal de RF conducida

IEC 62232 – Norma sobre medición de exposición a RF emitidos por estación radiobase

y otras



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

TERMINOLOGÍA

Medición (VIM 2.1): conjunto de operaciones con el objetivo de determinar el valor de una **magnitud**.

Mensurando (VIM 2.3): **magnitud** que se desea medir

Resultado de la medición (VIM 2.9): conjunto de valores atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible.

Observación: La expresión completa del resultado de una medición incluye información sobre la incertidumbre de la medición



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Valor verdadero de una magnitud (VIM 2.11): valor de una magnitud compatible con la definición de la magnitud.

1. Valor que se obtendría por una medición perfecta.
2. El valor verdadero es, por naturaleza, indeterminado.

Valor convencional de una magnitud (VIM 2.12): valor asignado a una magnitud, mediante un acuerdo, para un determinado propósito.

Por ej.: Valor convencional de aceleración de la gravedad, a=9,80665 $m.s^2$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Exactitud de medida (VIM 2.13): grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero de un mensurando.

Nota 1 – El concepto “exactitud de medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida.

Nota 2 – El término “exactitud de medida” no debe utilizarse en lugar de veracidad de medida, al igual que el término “precisión de medida” tampoco debe utilizarse en lugar de "exactitud de medida", ya que esta última incluye ambos conceptos.

Nota 3 – La exactitud de medida se interpreta a veces como la proximidad entre los valores medidos atribuidos al mensurando.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Error de medida (VIM 2.16): diferencia entre el valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

Error sistemático (VIM 2.17): componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Nota 1 – El valor de referencia para un error sistemático es un valor verdadero, un valor medido de un patrón cuya incertidumbre de medida es despreciable, o un valor convencional.

Nota 2 – El error sistemático y sus causas pueden ser conocidos o no. Para compensar un error sistemático conocido puede aplicarse una corrección.

Nota 3 – El error sistemático es igual a la diferencia entre el error de medida y el error aleatorio.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Error aleatorio (VIM 2.19): componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible.

Nota 1 – El valor de referencia para un error aleatorio es la media que se obtendría de un número infinito de mediciones repetidas del mismo mensurando.

Nota 2 – Los errores aleatorios de un conjunto de mediciones repetidas forman una distribución que puede representarse por su esperanza matemática, generalmente nula, y por su varianza.

Nota 3 – El error aleatorio es igual a la diferencia entre el error de medida y el error sistemático.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Incertidumbre de medida (VIM 2.26): parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza

Nota 1 – La incertidumbre de medida incluye componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a correcciones y a valores asignados a patrones, así como la incertidumbre debida a la definición. Algunas veces no se corrigen los efectos sistemáticos estimados y en su lugar se tratan como componentes de incertidumbre.

Nota 2 – El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación típica, en cuyo caso se denomina incertidumbre típica de medida (o un múltiplo de ella), o una semiamplitud con una probabilidad de cobertura determinada.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Nota 3 – En general, la incertidumbre de medida incluye numerosas componentes. Algunas pueden calcularse mediante una evaluación Tipo A de la incertidumbre de medida, a partir de la distribución estadística de los valores que proceden de las series de mediciones y pueden caracterizarse por desviaciones típicas. Las otras componentes, que pueden calcularse mediante una evaluación Tipo B de la incertidumbre de medida, pueden caracterizarse también por desviaciones típicas, evaluadas a partir de funciones de densidad de probabilidad basadas en la experiencia u otra información.

Nota 4 – En general, para una información dada, se sobreentiende que la incertidumbre de medida está asociada a un valor determinado atribuido al mensurando. Por tanto, una modificación de este valor supone una modificación de la incertidumbre asociada.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Incertidumbre estándar (VIM 2.30): Incertidumbre de medida expresada como una desviación estándar.

Incertidumbre estándar combinada (VIM 2.31): la incertidumbre estándar obtenida a partir de las incertidumbres estándar individuales asociadas a las magnitudes de entrada de un modelo de medición.

Incertidumbre expandida de medida (VIM 35): El producto de una incertidumbre estándar combinada por un factor mayor que uno.

(Este factor se refiere al factor de cobertura.)



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

La incertidumbre estándar combinada se calcula mediante la siguiente expresión donde u (xi) es la incertidumbre estándar de una componente y ci es el coeficiente de sensibilidad.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i} c_i^2 \, u^2(x_i)}$$

Por lo tanto la incertidumbre expandida puede ser calculada mediante la siguiente expresión donde el factor k_p es el factor de cobertura.

$$U(y) = k_p . u_c(y)$$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Repetibilidad (de resultados de las mediciones): grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas de un mismo mensurando efectuadas bajo las mismas condiciones de medición.

Las condiciones de repetibilidad incluyen:

- el mismo procedimiento de medida;
- el mismo instrumental, operador y local.
- repetición en un corto período de tiempo. Fuente (descriptiva y no cuantitativa) que contribuye para la incertidumbre de un mensurando y que debe dividirse en una o más magnitudes de influencia relevantes.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Corrección (VIM 2.53): compensación de un efecto sistemático estimado.

La compensación puede tomar diferentes formas, tales como la adición de un valor o la multiplicación por un factor, o bien puede deducirse de una tabla.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Clasificación de las análisis de componentes de incertidumbre

Tipo A – Aquellos que se evalúan con métodos estadísticos

Tipo B – Aquellos que se evalúan por otros medios



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Incertidumbre instrumental (VIM 4.24): componente de la incertidumbre de medida que procede del instrumento o sistema de medida utilizado.

Nota 1 – La incertidumbre instrumental se obtiene mediante calibración del instrumento o sistema de medida, salvo para un patrón primario, para el que se utilizan otros medios.

Nota 2 – La incertidumbre instrumental se utiliza en la evaluación Tipo B de la incertidumbre de medida.

Nota 3 – La información relativa a la incertidumbre instrumental puede aparecer en las especificaciones del instrumento.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Desviación típica (estándar)

Para una serie de n mediciones de un mismo mensurando, la magnitud ”**s**”, que caracteriza la dispersión de los resultados, se da por la fórmula:

x_i

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

x_i representa el resultado de la “i ésima” medición.

$\overline{x}$ representa la media aritmética de los “n” resultados



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Evaluación Tipo A de la incertidumbre de medida (VIM 2.28): evaluación de una componente de la incertidumbre de medida mediante un análisis estadístico de los valores medidos obtenidos bajo condiciones de medidas definidas.

x_i

Para varios tipos de condiciones de medida, véase condición de repetitividad, condición de precisión intermedia y condición de reproductibilidad.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Evaluación Tipo A de la incertidumbre de medida

Para una magnitud de entrada x_i determinada por n observaciones repetidas independientes, podemos decir que la incertidumbre estándar de la media es el desviación típica experimental de la media $\overline{x}$

x_i

$$u(x_i) = s(\overline{x_i})$$

$$u(x) = s(\overline{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

A esta se denomina incertidumbre estándar Tipo A, considerando un número n adecuado de observaciones.

Para una buena confiabilidad estadística n>10

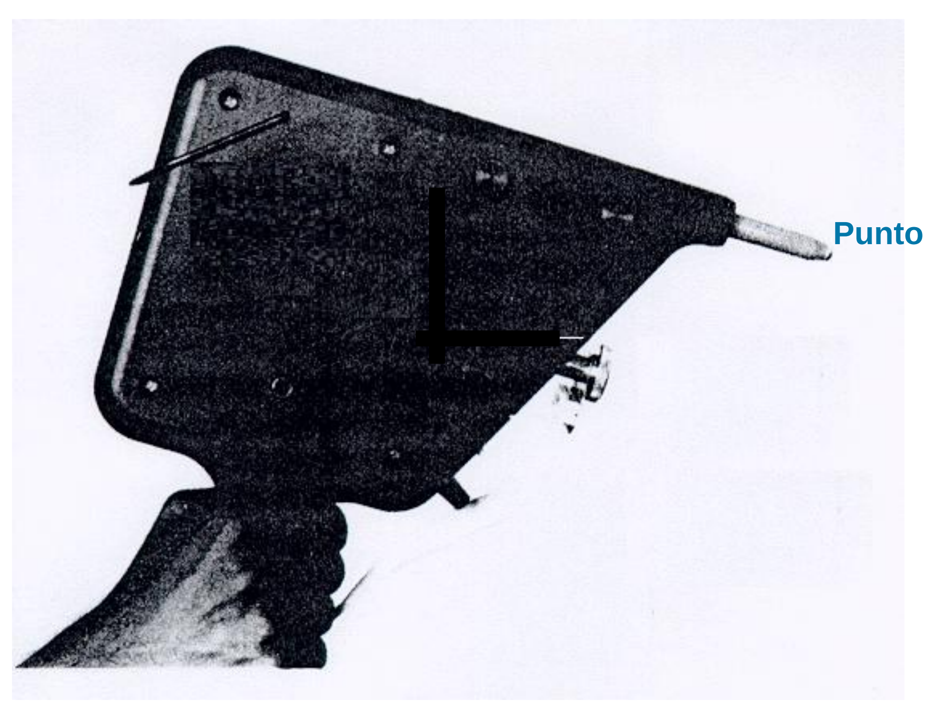
$\sqrt{2}$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Ejemplo de evaluación del TIPO A

Vamos considerar la calibración de tensión CC del generador de ESD de IEC 61000-4-2



Punto de medición

En esta situación, se dispara la descarga y el capacitor de salida del generador queda cargado. La medición se ejecuta con un voltímetro de alta impedancia: 20 GΩ

$\sqrt{2}$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Tensión nominal	**8 kV**	
	Valor corregido	**Valor medido**
Aplicación	**Tensión CC [V]**	**Tensión CC [mV]**
1	7957	322,6
2	8015	324,9
3	8049	326,3
4	8009	324,7
5	8000	324,3
6	7911	320,7
7	7956	322,5
8	8021	325,2
9	7973	323,2
10	7996	324,2
media	7988,6	323,86
σ (%)	0,50	0,50
U(x) tipo A (%) 68%	0,16	0,16

Ejemplo: Evaluación de incertidumbre Tipo A

$$u_A(x) = \frac{\sigma}{\sqrt{10}}$$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Evaluación Tipo B de la incertidumbre de medida (VIM 2.29): Evaluación de una componente de la incertidumbre de la medida de manera distinta a una evaluación del Tipo A de la incertidumbre de la medida.

Ejemplos: Evaluación basada en informaciones:

- asociadas a valores publicados por autoridades competentes
- asociadas al valor de un material de referencia certificado
- obtenidas a partir de un certificado de calibración
- relativas a la deriva
- obtenidas a partir de los límites procedentes de la experiencia personal



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

- Las componentes relacionadas con evaluación tipo B están relacionados con los instrumentos y accesorios muchos de los cuales necesitan ser calibrados de medición.
- Los valores de incertidumbre que se presentan en los certificados de calibración coinciden con la incertidumbre combinada ampliada. Por lo que debemos dividir su valor por el factor de cobertura para determinar su contribución a la incertidumbre de la magnitud que se está midiendo.



Nociones básicas de calculo de incertidumbre

- Todos los valores de componentes tipo B utilizados en el cálculo de incertidumbre estándar combinada deben corresponder a una desviación estándar. Por lo tanto los valores de las componentes deben ser divididos por factores correspondientes a la distribución de probabilidad que se les asigna:
- Normal = 1
- Normal (expandida) = 2
- Retangular = $\sqrt{3}$
- Triangular = $\sqrt{6}$
- Formato U = $\sqrt{2}$

Con esto todas componentes de incertidumbres terán nivel de confianza de 68%



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Las componentes de incertidumbre estándar *u(xi)* y coeficientes ci de sensibilidad son considerados para evaluación de la incertidumbre estándar combinada $u_c(y)$:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} c_i^2 \, u^2(x_i)}$$

En general Ci en pruebas eléctricas es unitario

A través del producto de la incertidumbre combinada y el factor de cobertura *kp* es determinado el valor de incertidumbre expandida.

$$U(y) = k_p . u_c(y)$$



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Para calcular el factor de cobertura kp, se determina el número efectivo de grados de libertad *Veff*

$$V_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^{n} \frac{u_i^4}{v_i}}$$

A través del valor obtenido de *Veff* y del grado de confianza deseado, por ejemplo, 95%, en la tabla de distribución-T (t-student) se determina el factor de cobertura *kp*:

Veff	10	20	30	40	Infinito
T=kp	2,23	2,09	2,04	2,02	2

T = coeficiente de Student



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

En los ensayos de emisión de perturbaciones de radiofrecuencia usualmente solo se consideran las incertidumbres instrumentales, lo que permite confrontar con la incertidumbre CISPR**.**

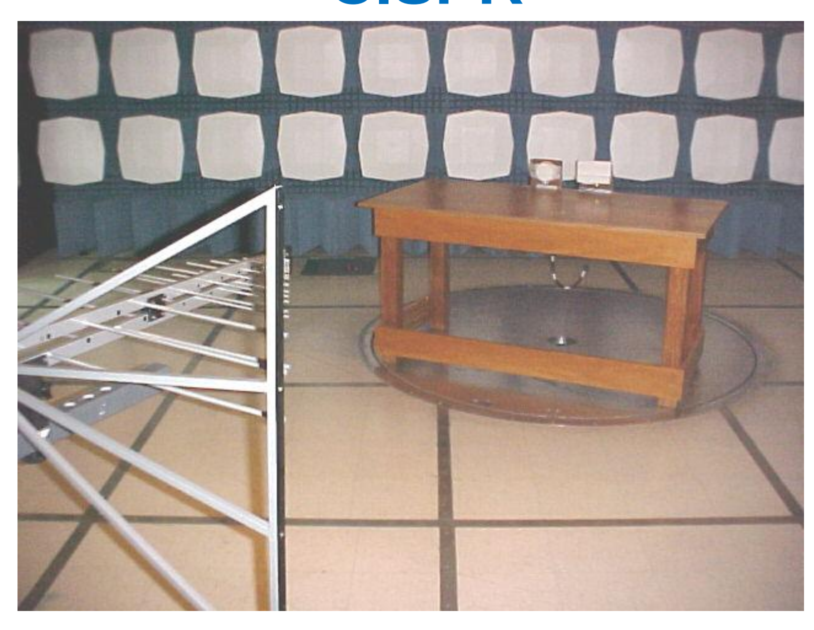
Por lo tanto, la evaluación del *Ulab* corresponde a la evaluación de la componente de incertidumbre del tipo B. En estas se consideran las contribuciones debido al local de ensayo y las componentes del setup de medición.

El ejemplo considerado a continuación corresponde al ensayo de emisión radiada en la banda de 30 MHz a 200 MHz con antena bicónica en la polarización horizontal.



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Ej.: Medición en cámara anecoica de acuerdo con CISPR





Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Ejemplo: Incertidumbre de medida para perturbaciones radiadas

Magnitud de influencia **Xi**	**Incertidumbre de x_i**		**$u(x_i)$**	**c_i**	**$c_i\ u(x_i)$**
	dB	Distribución de Probab.	dB	1	dB
Lectura del receptor	± 0,1	k =1	0,1	1	0,1
Atenuación: antena-receptor	± 0,2	k = 2	0,1	1	0,1
Factor de antena	± 2,0	k = 2	1,0	1	1,0
Correcciones para el receptor Tensión de onda sinusoidal	± 1,0	k = 2	0,5	1	0,5
Respuesta de la amplitud de pulso	± **1,5**	**rectangular**	**0,87**	**1**	**0,87**
Respuesta a la frecuencia de repetición de pulsos	± **1,5**	**rectangular**	**0,87**	**1**	**0,87**
Proximidad del ruido de fondo	± **0,5**	**rectangular**	**0,29**	**1**	**0,29**
Desadaptación antena-receptor	**+0,9/-1,0**	Formato U	**0,67**	**1**	**0,67**
Correcciones para la antena bicónica Interpolación en frecuencia del AF	± **0,3**	**rectangular**	**0,17**	**1**	**0,17**



Nociones básicas de cálculo de incertidumbre

Ejemplo: Incertidumbre de medida para perturbaciones radiadas

Variación del AF con la altura		± **1,0**	**rectangular**	**0,58**	**1**	**0,58**
Diferencia en directividad **– d = 3 m**		± **0,0**		**0,0**	**1**	**0,0**
Diferencia en directividad **– d = 10 m**		± **0,0**		**0,0**	**1**	**0,0**
Diferencia en directividad – **d = 30 m**		± **0,0**		**0,0**	**1**	**0,0**
Polarización cruzada		± **0,0**		**0,0**	**1**	**0,0**
Balanceo		± **0,3**	**rectangular**	**0,17**	**1**	**0,17**
Imperfecciones del emplazamiento		± **4,0**	**triangular**	**1,63**	**1**	**1,63**
Distancia de separación	**d=10 m**	± **0,1**	**rectangular**	**0,06**	**1**	**0,06**
Altura de la mesa	**d=10 m**	± **0,1**	**k = 2**	**0,05**	**1**	**0,05**

$$u_c(x) = \sqrt{(0{,}1)^2 + \left(\frac{0{,}2}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{(1{,}5)^2}{3} + \frac{(1{,}5)^2}{3} + \frac{(0{,}5)^2}{3} + \frac{(0{,}95)^2}{2} + \frac{(0{,}3)^2}{3} + \frac{(1{,}0)^2}{3} + \frac{(0{,}3)^2}{3} + \frac{(4)^2}{6} + \frac{(0{,}1)^2}{3} + \left(\frac{0{,}1}{2}\right)^2}$$

$$u_c(x) = 2{,}52 \quad dB$$

$$U_E(x) = k_p\, u_c(x) = 2 \cdot 2{,}52 = 5{,}04 \text{ dB}$$



Incertidumbre de ensayos de EMC normalizados CISPR 16-4-2

En el abordaje de incertidumbre para emisión de perturbaciones, los valores estimados de incertidumbre instrumental, que constan en el documento CISPR 16-4-2, consideran el instrumental y los aspectos de setup. El valor estimado calculado se denomina *Ucispr.*

Measurement		U_{cispr}
Conducted disturbance at mains port using AMN	(9 kHz to 150 kHz)	3,8 dB
	(150 kHz to 30 MHz)	3,4 dB
Conducted disturbance at mains port using voltage probe	(9 kHz to 30 MHz)	2,9 dB
Conducted disturbance at telecommunication port using AAN	(150 kHz to 30 MHz)	5,0 dB
Conducted disturbance at telecommunication port using CVP	(150 kHz to 30 MHz)	3,9 dB
Conducted disturbance at telecommunication port using CP	(150 kHz to 30 MHz)	2,9 dB
Disturbance power	(30 MHz to 300 MHz)	4,5 dB
Radiated disturbance (electric field strength at an OATS or in a SAC)	(30 MHz to 1 000 MHz)	6,3 dB



Incertidumbre de ensayos de EMC normalizados CISPR 16-4-2

Un criterio bastante particular para el caso de los ensayos de acuerdo con CISPR establece que:

Si *Ulab es inferior o igual a Ucispr, entonces el informe de ensayo puede declarar el valor de Ulab o declarar que Ulab es inferior a Ucispr.*

Si *Ulab fuera superior a Ucispr, entonces el informe de ensayo debe contener el valor de Ulab (en dB) real del laboratorio. En este caso, la diferencia entre Ulab y Ucispr debe disminuirse del límite para verificación del cumplimiento del requisito.*



Agenda

- Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF
- Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel
- Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición
- **Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025**
- Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

ISO IEC 17025 – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Contenido



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.9 Control de trabajos de ensayos y/o calibración no conforme

4.10 Mejora

4.11 Acción correctiva

4.12 Acción preventiva

4.13 Control de registros

4.14 Auditorías internas

4.15 Análisis crítico por la dirección



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

5 Requisitos técnicos

5.1 Generalidades

5.2 Personal

5.3 Acomodaciones y condiciones ambientales

5.4 Métodos de ensayo, calibración y validación de métodos

5.5 Equipos

5.6 Rastreo de medición

5.7 Muestreo

5.8 Manejo de ítems de ensayo y calibración

5.9 Garantía de la calidad de resultados de ensayo y calibración

5.10 Presentación de resultados



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.2 Sistema de gestión

- El laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades.
- El laboratorio debe documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones, en la extensión necesaria para garantizar la calidad de los resultados de los ensayos.
- El laboratorio debe documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones, en la extensión necesaria para garantizar la calidad de los resultados de los ensayos.
- Las políticas del sistema de gestión del laboratorio referentes a la calidad, incluyendo una declaración sobre la política de la calidad, deben definirse en un manual de la calidad.
- La declaración de la política de la calidad debe emitirse bajo la autoridad de la Alta dirección. Esta debe incluir por lo menos lo siguiente:
  - compromiso con las buenas prácticas profesionales y con la calidad de sus ensayos;
  - la finalidad y compromiso del sistema de gestión con respecto a la calidad y atención de la ISO IEC 17025;
  - la exigencia de que todo el personal involucrado en las actividades de ensayo se familiaricen con la documentación de la calidad.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.2 Sistema de gestión (cont.)

- Las atribuciones y responsabilidades de la gerencia técnica y del gerente de la calidad. La Alta dirección debe garantizar que la integridad del sistema de gestión se mantenga cuando se planifican e implementan cambios en el sistema de gestión.

4.3 Control de documentos

- El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para controlar todos los documentos del SQ.
- Documentos obsoletos deben removerse.
- Los documentos deben identificarse unívocamente. Esta identificación debe incluir: fecha, revisión, identificación, número de páginas, número de la página, autoridad aprobadora y emisora.
- Las modificaciones en el texto deben analizarse críticamente por la autoridad emisora.
- Donde sea practicable, el texto modificado debe identificarse en el respectivo documento.
- Los procedimientos deben establecerse para describir cómo se modifican los textos y se mantienen en el sistema computadorizado para su control.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.4 Análisis crítico de pedidos, propuestas y contratos

- El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el análisis crítico de los pedidos, propuestas y contratos.
- Los registros de revisiones, incluyendo cualquier cambio significativo, deben mantenerse.
- Debe avisarse al cliente sobre cualquier desvío del contrato.
- Si un contrato necesita modificarse después de haberse iniciado el trabajo, el mismo proceso de análisis crítico debe repetirse y cualquier enmienda debe comunicarse al personal afectado.

4.5 Subcontratación de ensayos y calibraciones

- El laboratorio es responsable ante el cliente por el trabajo del subcontratado, excepto en el caso en el que el cliente o una autoridad reglamentadora especifique el subcontratado que se utilizará.
- El laboratorio debe mantener el registro de todos los subcontratados que utiliza para ensayos y/o calibraciones, así como también, el registro de la evidencia de la conformidad con esta Norma para el referido trabajo.

4.6 Adquisición de servicios y suministros

- El laboratorio debe tener procedimientos para la selección y compra de servicios y suministros utilizados que afecten la calidad de los ensayos y/o calibraciones.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.7 Atención al cliente

- El laboratorio debe estar dispuesto a cooperar con los clientes o con sus representantes para aclarar el pedido del cliente y para monitorear el desempeño del laboratorio con relación al trabajo realizado, siempre y cuando el laboratorio garantice la confidencialidad con relación a otros clientes.
- El laboratorio debe procurar obtener realimentación, tanto positiva como negativa, de sus clientes.

4.8 Reclamos

- El laboratorio debe tener una política y procedimiento para solucionar los reclamos recibidos de clientes y deben mantenerse registros de todos los reclamos.

4.9 Control de trabajos de ensayo y/o calibración no conforme

- El laboratorio debe tener una política y procedimientos que deben implementarse cuando cualquier aspecto de su trabajo de ensayo y/o calibración o los resultados de este trabajo no estuvieran en conformidad con sus propios procedimientos o con los requisitos acordados con el cliente.

4.10 Mejora

- El laboratorio debe perfeccionar continuamente la eficacia de su sistema de gestión.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.11 Acción correctiva

- El laboratorio debe establecer una política y un procedimiento, así como también, debe designar autoridades apropiadas para implementar acciones correctivas cuando se identifiquen trabajos no conformes o desvíos de las políticas y procedimientos en el sistema de gestión o en las operaciones técnicas.
- El procedimiento para la acción correctiva debe comenzar con una investigación para la determinación de las causas raíz del problema.
- El análisis de la causa es la clave y algunas veces la parte más difícil del procedimiento de acción correctiva.
- El laboratorio debe monitorear los resultados para garantizar que la acción correctiva sea efectiva.

4.12 Acción preventiva

- Deben identificarse las mejoras necesarias y potenciales fuentes de no conformidades, ya sean técnicas o referentes al sistema de gestión.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.13 Control de registros

- El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para identificar, recolectar, indexar, acceder, archivar, almacenar, mantener y disponer los registros técnicos y de la calidad.
- Todos los registros deben ser legibles y deben almacenarse y preservarse de tal forma que puedan recuperarse rápidamente, en instalaciones que ofrezcan ambiente adecuado, para prevenir daños, deterioración o pérdida. Debe establecerse el tiempo de retención de los registros.
- El laboratorio debe tener procedimientos para proteger los registros almacenados electrónicamente y prevenir el acceso o enmiendas no autorizadas en estos registros.

4.14 Auditorías internas

- El laboratorio debe, periódicamente y de acuerdo con un cronograma y un procedimiento predeterminados, realizar auditorías internas de sus actividades para verificar si sus operaciones siguen cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y de esta Norma.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

4.15 Análisis crítico por la dirección

- De acuerdo con un cronograma y un procedimiento predeterminados, la Alta dirección del laboratorio debe realizar periódicamente un análisis crítico del sistema de gestión del laboratorio y de las actividades de ensayo y/o calibración, para garantizar su continua adecuación y eficacia, para introducir cambios o mejoras necesarias.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.1 Generalidades

Factores que contribuyen para la confiabilidad de los resultados:

- factores humanos;
- condiciones ambientales y acomodación;
- métodos de ensayo y validación de los métodos;
- adecuación de los equipos de medición;
- rastreo de medición;
- muestreo;
- manejo de ítems de ensayo y calibración.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.2 Personal

El laboratorio debe garantizar la competencia del personal para:

- operación de los equipos de ensayo;
- ejecución del ensayo;
- evaluación de los resultados;
- aprobar y firmar informes de ensayo;
- la dirección del laboratorio debe establecer las metas referentes a la formación, capacitación y habilidades del personal del laboratorio.
- mantener la política y procedimientos para la identificación de necesidades de capacitación;
- mantener la descripción de las funciones del personal técnico y de gestión, incluyendo las responsabilidades con respecto a la realización de ensayos, interpretaciones de ensayos, emisión de informe (firmante), modificación, desarrollo y validación de métodos.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.3 Condiciones ambientales y acomodaciones

- El laboratorio debe garantizar que las condiciones ambientales no invaliden los resultados o afecten adversamente la calidad requerida de cualquier medición.
- El laboratorio debe monitorear, controlar y registrar las condiciones ambientales de acuerdo con lo requerido por las especificaciones, métodos y procedimientos pertinentes.
- Debe tomarse especial cuidado en el control y monitoreo de las condiciones ambientales.
- Debe haber una separación efectiva entre áreas vecinas con actividades incompatibles.
- Debe controlarse el acceso y el uso de áreas que afecten la calidad de los ensayos y/o calibraciones.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.4 Métodos de ensayo, calibración y validación de métodos

- El laboratorio debe utilizar métodos y procedimientos apropiados y actualizados para todos los ensayos incluyendo la estimativa de incertidumbre de la medición cuando sea aplicable.
- Debe tener instrucciones sobre el uso de los equipos de medición, manejo del ítem de ensayo y cualquier otra instrucción, que debido a su falta, pueda comprometer los resultados de los ensayos.
- La utilización de métodos no normalizados debe validarse y acordarse con el cliente.
- Debe haber procedimientos para el control de datos, para garantizar su integridad, transferencia, almacenamiento, recuperación y confidencialidad.
- Los cálculos y transferencias de datos de los ensayos deben someterse a verificaciones apropiadas.
- Deben validarse las planillas de cálculo utilizadas para el procesamiento de los resultados.
- Cuando su control incluya el uso de computadoras y equipos automatizados debe garantizarse el mantenimiento de la integridad.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.5 Equipos

Los equipos deben:

- tener características exigidas por los ensayos;
- ser operados por personal autorizado;
- tener las instrucciones de operación, manejo, transporte, almacenamiento y mantenimiento actualizadas disponibles;
- ser unívocamente identificados;
- tener en su cuerpo identificado el estado de calibración;
- tener el registro con el nombre del fabricante, modelo, identificación unívoca, datos sobre ajuste, criterio de aceptación, fecha de la próxima calibración, mantenimientos preventivos, verificaciones periódicas y localización;
- tener una planificación de calibración y mantenimiento.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.6 Rastreo de medición

- Todo el equipo utilizado en ensayos y/o en calibraciones, que tenga efecto significativo sobre la exactitud o validez del resultado del ensayo, debe calibrarse antes de entrar en servicio.
- Las calibraciones deben realizarse por un organismo que pueda proveer rastreo al Sistema internacional, de esta manera, deben utilizarse laboratorios de calibración acreditados por un organismo competente, por ejemplo, en Brasil, el Cgcre. En otros lugares pueden utilizarse signatarios del ILAC.
- El laboratorio debe establecer un programa y procedimiento para la calibración de sus equipos.
- Los certificados deben tener la información necesaria para la verificación del rastreo.
- Deben realizarse verificaciones intermedias.

Nota: Cgcre – Coordinación general de acreditación del Inmetro
ILAC – International Laboratory Accreditation Cooperation



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.7 Muestreo

El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para muestreo, cuando realiza un muestreo de sustancias, materiales o productos para ensayo o calibración subsiguiente. Tanto el plan como el procedimiento de muestreo deben estar disponibles en el local donde se realizó el muestreo. Los planes de muestreo deben, siempre que sea viable, basarse en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe abarcar los factores que se controlarán, para garantizar la validez de los resultados del ensayo y calibración.

Nota: No se aplica a los ensayos de certificación de terminales celulares y EMC.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.8 Manejo de ítems de ensayo y calibración

El laboratorio debe tener procedimientos para:

- transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, retención y/o remoción de los ítems de ensayo y/o calibración, incluyendo todas las providencias
- necesarias para la protección de la integridad del ítem de ensayo.
- identificación unívoca del ítem sobre el ensayo;
- registro de anormalidades o desvío de sus especificaciones.;
- registro de solicitudes de los clientes;
- registro de las condiciones ambientales de almacenamiento.



ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.9 Garantía de la calidad de resultados de ensayo y calibración

El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para monitorear la validez de los ensayos realizados. Incluya aquí:

- participación en ensayos de suficiencia;
- repetición de ensayos con el mismo método o métodos diferentes;
- comparación interlaboratorial;
- ensayos con ítem de ensayo de referencia.

Los datos de control de calidad deben analizarse y cuando se trate de los criterios definidos previamente, deben tomarse providencias para corregir el problema.

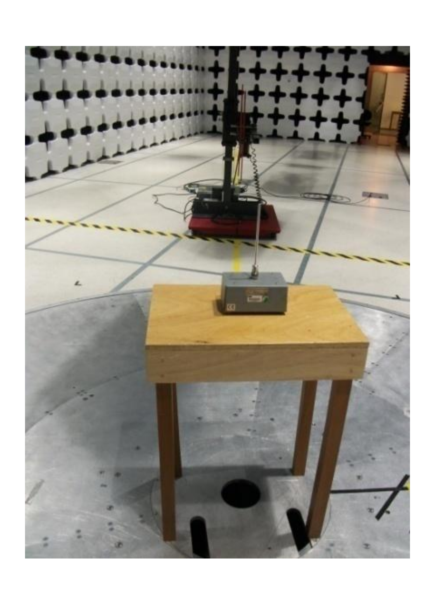


ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.9 Garantía de la calidad de resultados de ensayo y calibración

Para ensayo de emisión radiada: Ensayo preliminar con una fuente de campo conocida.







ISO IEC 17025 (2005) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Requisitos técnicos

5.10 Presentación de resultados

- Los resultados de cada ensayo realizado por el laboratorio deben relatarse con exactitud, claridad, objetividad, sin ambigüedad y de acuerdo con las instrucciones especificadas en los métodos del ensayo.
- El informe debe incluir:
  - Un título.
  - Nombre y dirección del laboratorio de ensayo.
  - Identificación unívoca del informe.
  - En cada página su identificación como parte del informe.
  - Identificación clara del final del informe.
  - Nombre y dirección del cliente.
  - Identificación de los métodos de ensayo utilizados.
  - Descripción completa e identificación del ítem ensayado.
  - Fecha de recepción del ítem.
  - Toda la información para su análisis.
  - Nombre, función y firma de las personas autorizadas para emitir el informe del ensayo.



Agenda

Información general sobre las comunicaciones celulares y terminales móviles dotados con tecnologías RF

Requisitos y normas de ensayo aplicables a la certificación de terminales móviles celulares en Brasil y en otros grandes centros a nivel mundial

Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de SAR solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel

Nociones básicas del cálculo de incertidumbre de la medición

Buenas prácticas y aspectos importantes para la adquisición de la acreditación IEC/ISO 17025

Descripción, objetivo e importancia de cada ensayo de RF solicitado en el proceso de certificación y homologación de Anatel



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G





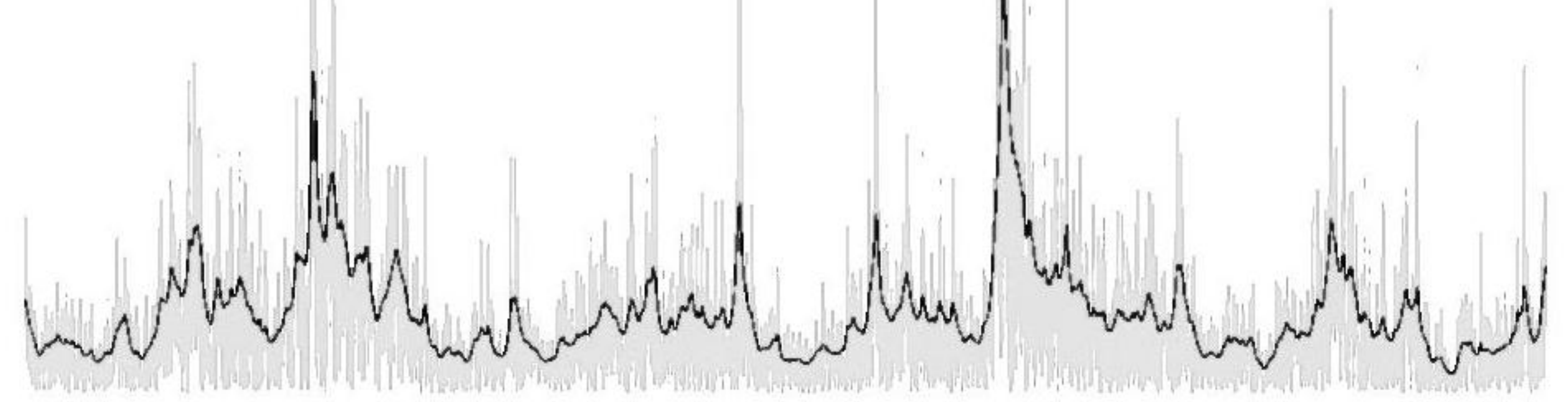
Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

12.1 Conducted spurious emissions

Definición: Emisiones provenientes del conector de la antena en frecuencias que no son de la portadora o de las bandas laterales asociadas a la modulación.

Objetivo: Verificar si las emisiones no esenciales conducidas emitidas por el Equipo bajo prueba (UE) exceden los requisitos de conformidad en el rango de 100 kHz a 12,5 GHz.

NOTA: Este ensayo debe realizarse en dos situaciones diferentes: Cuando el UE está asignado a un canal y cuando no está (modo Idle).





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

12.2 Radiated spurious emissions

Definición: Emisiones irradiadas provenientes de toda la estructura del UE.

Objetivo: Verificar si las emisiones no esenciales irradiadas a partir del UE exceden los requisitos de conformidad en condiciones normales de tensión.

NOTA: Este ensayo debe realizarse en dos situaciones diferentes: Cuando el UE está asignado a un canal y cuando no está (modo Idle).



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.1 Frequency error and phase error

13.16.1 Frequency error and phase error in GPRS multislot configuration

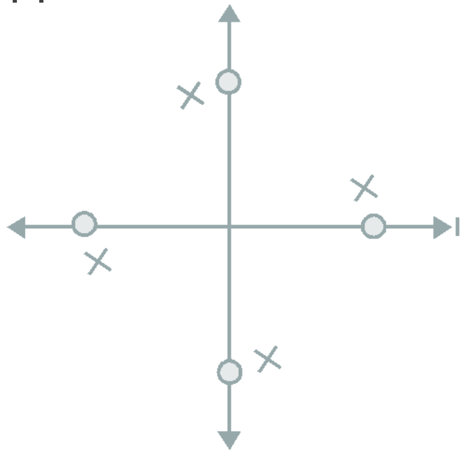
Definición: Error de frecuencia es la diferencia de frecuencia entre la señal de transmisión de RF del UE y la frecuencia nominal del canal utilizado.

Error de fase es la diferencia de fase entre la señal de transmisión de RF del UE y la transmisión teórica, de acuerdo con la modulación pretendida.

Objetivo: Verificar si:

-El error de frecuencia de la portadora del UE no excede 0,1 ppm.

-El error de fase no excede 5 grados.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.17.1 Frequency error and Modulation accuracy in EGPRS Configuration

Definición: Error de frecuencia es la diferencia de frecuencia entre la señal de transmisión de RF del UE y la frecuencia nominal del canal utilizado.

Error de fase es la diferencia de fase entre la señal de transmisión de RF del UE y la transmisión teórica, de acuerdo con la modulación pretendida.

La magnitud de vector de error, Error Vector Magnitude (EVM), se refiere a la amplitud del vector de error existente entre el vector que representa la señal transmitida y el vector que representa la señal modulada sin errores y define la precisión de la modulación.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.17.1 Frequency error and Modulation accuracy in EGPRS Configuration

Objetivo: Verificar si:

- El error de frecuencia de la portadora del UE no excede 0,1 ppm.
- El error de fase no excede 5 grados.
- El valor RMS de EVM sobre la parte útil de cualquier ráfaga de la señal modulada 8-PSK no excede el 9,0% en condiciones normales.
- Los valores de pico de EVM, calculados por lo menos sobre 200 ráfagas de la señal 8-PSK modulada, son ≤ 30%.
- El valor del 95% de cualquier ráfaga de la señal modulada 8-PSK es ≤ 15 %.
- El Origin Offset Suppression para cualquier señal 8-PSK modulada no excede 30 dB.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.3 Transmitter output power and burst timing

Definición: La potencia de salida de transmisión es el valor medio de la potencia medida en el punto de conexión de RF en un tiempo superior al tiempo en que se transmite la información de una señal de ráfaga.

El tiempo de ráfaga es la máscara temporal que se respetará durante la transmisión de una ráfaga.

El control de potencia es la habilidad del transmisor del UE para ajustar la potencia de salida de acuerdo con comandos recibidos de la BTS.

Objetivo: Verificar si:

- La potencia máxima de salida está dentro de los límites normativos.
- Todos los niveles de control de potencia (PCL), referentes a la clase del UE, están implementados y dentro de los límites.
- La diferencia entre PCL consecutivos está dentro de los límites.
- La potencia y el tiempo cuando el UE envía una señal de ráfaga normal cumple con los límites normativos.
- La potencia y el tiempo cuando el UE envía una señal de ráfaga de acceso cumple con los límites normativos.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.3 Transmitter output power and burst timing

Max. Level: Auto   Low Noise   PCL: 5 /33.0 dBm   Chan./Meas Slot: 190 / 3

Potência (dB)

5, 0, -5, -10, -15, -20, -25, -30, -35, -40, -45, -50, -55, -60, -65, -70, -75, -80

-10, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 157

Sym.

Ok

32.88 dBm	Avg.BurstPower(Cur.)
0.10 Sym.	Timing Adv. Error
GSM 0	TSC detected
100 Bursts	Statistic Count
0.00 %	Out of Tolerance



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.16.2 Transmitter output power in GPRS multislot configuration

13.17.3 EGPRS Transmitter output power

Definición: La potencia de salida de transmisión es el valor medio de la potencia medido en el punto de conexión de RF en un tiempo superior al tiempo que se transmite la información de una señal de *ráfaga*.

El tiempo de ráfaga es la máscara temporal que se respetará durante la transmisión de una ráfaga.

El control de potencia es la habilidad del transmisor del UE para ajustar la potencia de salida en operación *multislot* de acuerdo con los comandos recibidos de la BTS.

Objetivo: Verificar si:

- La potencia máxima de salida está dentro de los límites normativos.
- Todos los niveles de control de potencia (PCL), referentes a la clase del UE, están implementados y dentro de los límites.
- La diferencia entre PCL consecutivos está dentro de los límites.
- La potencia y el tiempo cuando el UE envía una señal de ráfaga normal cumple con los límites normativos.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.16.2 Transmitter output power in GPRS multislot configuration

Chan. / Meas Slot: 190 / 3

Current

dB

Sym

	Meas Slot -1	Meas Slot	Meas Slot +1	Meas Slot +1
Power	30.68 dBm	30.88 dBm	30.91 dBm	29.90 dBm
Timing	-0.00 Sym	0.00 Sym	0.00 Sym (Timing 2)	0.00 Sym (Timing 3)
	Ok	Ok	Ok	Ok



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 2G

13.17.3 EGPRS Transmitter output power

GSM850 Power
P.D. MCS 9
Test M. A
Connect Control
P/t Multislot
Applic. 1
Applic. 2
Analyzer Level
Trg.
MS Signal
BS Signal
Network
Display
Marker
Menus

dB Max. Level: Auto Low Noise PCL: --- Channel : 190 Meas Slot : 3
R: --- / Off 1: --- / Off 2: --- / Off
Current

Meas Slot - 1	Meas Slot	Meas Slot + 1	Meas Slot + 2
25.23 dBm	25.35 dBm	25.21 dBm	24.23 dBm
0.01 Sym	0.00 Sym	0.00 Sym	0.01 Sym
Ok	Ok	Ok	Ok

-100 0 100 200 300 400 Sym

Repetition | Stop Condition | Display Mode | Statistic Count | Ref.Power Mode | Slot Count | Meas. Slot



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G



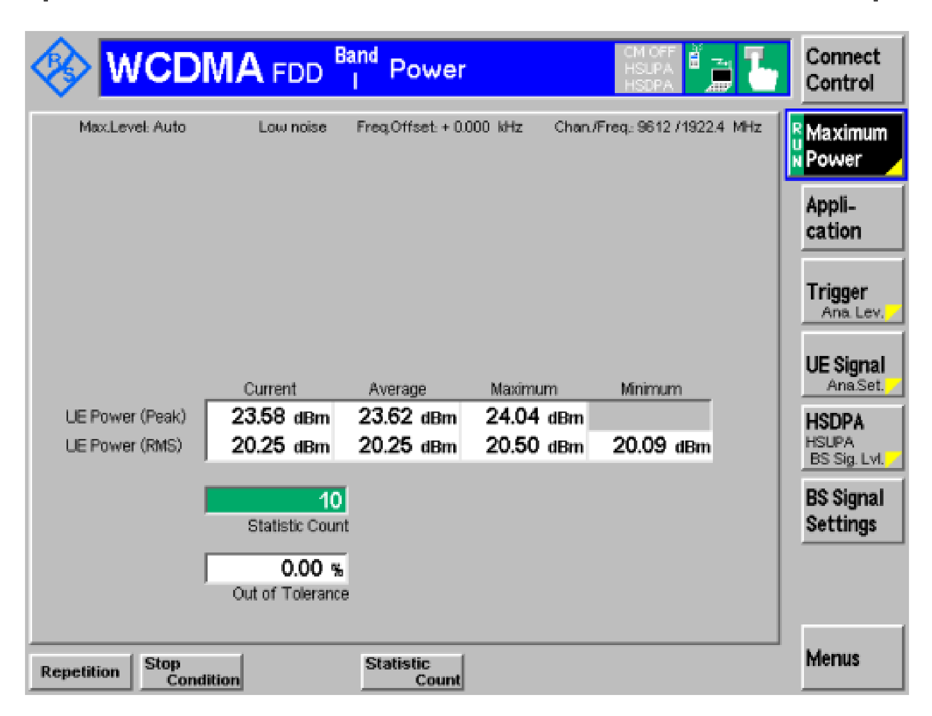


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.2 Maximum Output Power

Definición: La potencia máxima es una medida de la potencia máxima en la cual el UE puede transmitir. La potencia máxima de salida nominal y su tolerancia están definidos de acuerdo con la clase de potencia del UE.

Objetivo: Verificar si la potencia máxima del UE está dentro del valor nominal y de la tolerancia especificada de acuerdo con su clase de potencia.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.2AA Maximum Output Power with HS-DPCCH

5.2B Maximum Output Power with HS-DPCCH and E-DCH

Definición: La potencia máxima de salida con HS-DPCCH (para HSDPA) y con HS-DPCCH y E-DCH (para HSUPA) y su tolerancia están definidos de acuerdo con la máxima reducción de la potencia para la potencia máxima nominal.

La potencia máxima de salida con HS-DPCCH / HS-DPCCH y E-DCH es una medida de la potencia máxima que el UE puede transmitir cuando el HS-DPCCH / HS-DPCCH y E-DCH son total o parcialmente transmitidos durante un *timeslot* DPCCH. El período de medición debe ser por lo menos de un *timeslot*.

Objetivo: Verificar si el error de la potencia máxima de salida del UE con HS-DPCCH (para HSDPA) y con HS-DPCCH y E-DCH (para HSUPA) no excede la banda prescrita por la potencia máxima de salida y tolerancia en las tablas 5.2AA.2 y 5.2B.5 respectivamente de la norma ETSI TS 34 121-1.

La potencia de salida máxima en exceso puede interferir en otros canales u otros sistemas. Una pequeña potencia máxima de salida disminuye el área de cobertura.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.2C UE relative code domain power accuracy

5.2D UE Relative Code Domain Power Accuracy for HS-DPCCH and E-DCH

Definición: La precisión del código de dominio de potencia relativo del UE es una medida de la capacidad del UE de definir correctamente el nivel individual de potencia de código relativo a la potencia total de todos los códigos activos.

La medida de precisión es la diferencia entre dos relaciones en dB:

Precisión CDP relativa del UE = (relación CDP medido) - (relación nominal CDP)

Donde:

- **Relación CDP medido** = 10 * log * ((potencia código medido) / (medida de la potencia total de todos los códigos activos))
- **Relación nominal CDP** = 10 * log * (CDP nominal / (suma de todos los CDP nominales)

El CDP nominal de un código se refiere al total de todos los códigos y se deriva a partir de factores de beta.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.2C UE relative code domain power accuracy

Objetivo: Verificar si la precisión del código de dominio de potencia relativo del UE cumple los requisitos indicados en la tabla 5.2C.4 (HSDPA) y 5.2D.8 (HSUPA).

Table 5.2C.4: UE relative code domain power accuracy test requirements

Nominal CDP ratio	Accuracy (dB)
≥ -10 dB	±1.7
-10 dB to ≥ -15 dB	±2.3
-15 dB to ≥ -20 dB	±2.9

Table 5.2D.8: UE relative code domain power accuracy test requirements

Nominal CDP ratio	Accuracy (dB)
≥ -10 dB	±1.7
-10 dB to ≥ -15 dB	±2.3
-15 dB to ≥ -20 dB	±2.9

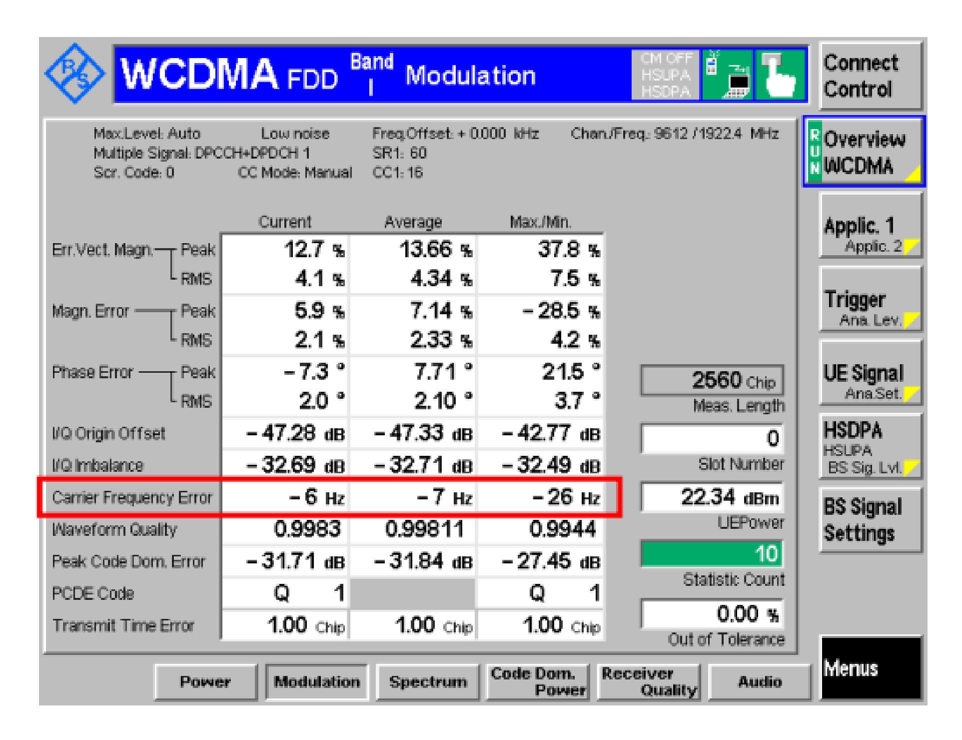


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.3 Frequency error

Definición: Error de frecuencia es la diferencia de frecuencia entre la señal de transmisión de RF del UE y la frecuencia nominal del canal utilizado.

Objetivo: Verificar si el error de frecuencia de la portadora del UE no excede ±0,1 ppm.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.4.1 Open Loop Power Control in the Uplink

Definición: Control de potencia en circuito abierto en el *uplink* es la capacidad del transmisor del UE de definir la potencia de salida en un valor específico. Esta función se utiliza para la transmisión del PRACH y se basa en la información enviada por la BTS por medio del canal BCCH y en el nivel de potencia de la señal recibida del CPICH en el *downlink*. La información de la BTS incluye la potencia de transmisión del canal CPICH y el nivel de potencia de interferencia del *uplink*.

La potencia medida por el UE de la señal recibida y la información del canal BCCH señalizado son utilizados por el UE para controlar la potencia de la señal transmitida con el objetivo de transmitir con la menor potencia aceptable una comunicación adecuada.

La prueba destaca la capacidad de medir la potencia recibida correctamente del receptor a lo largo de la variación dinámica recibida.

Objetivo: Verificar si la tolerancia de control de potencia en circuito abierto del UE no excede el valor de ±9 dB (condiciones normales) o ±12 dB (condiciones extremas).

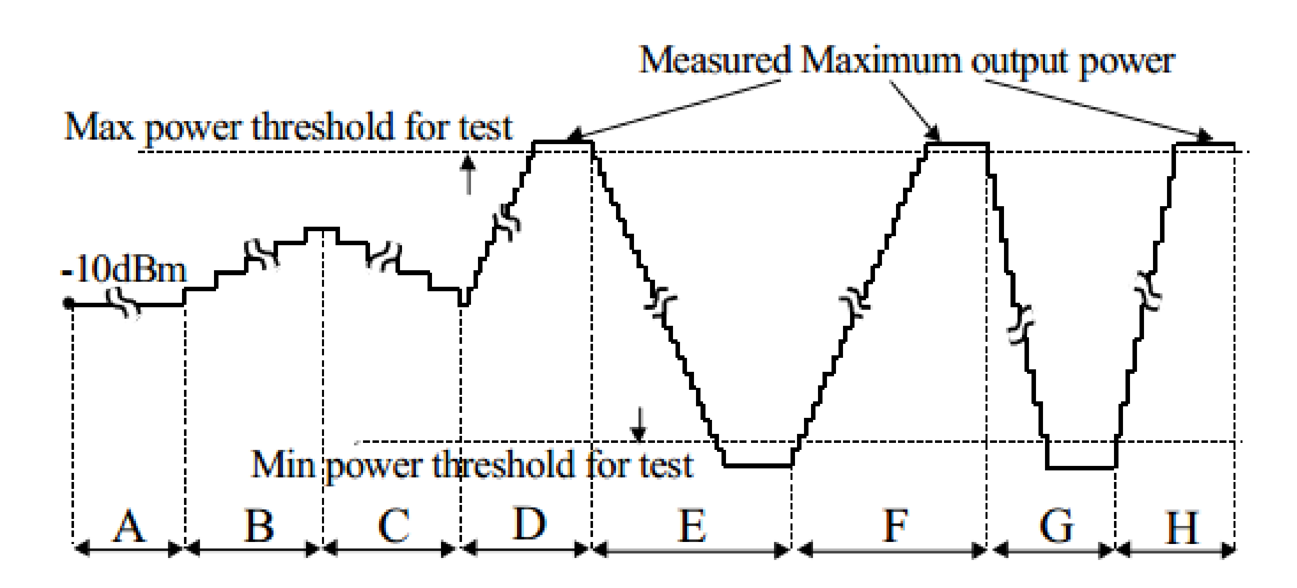


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.4.2 Inner Loop Power Control in the Uplink

Definición: Control de potencia en circuito interno en el *uplink* es la capacidad del transmisor de ajustar la potencia de salida de acuerdo con uno o más comandos TPC recibidos en el *downlink*.

El *step* de control de potencia es la modificación de la potencia de salida del transmisor en respuesta a un comando TPC, TPC_cmd, derivado en el UE. Un error de exceso del control de potencia en circuito interno disminuye la capacidad del sistema.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.4.2 Inner Loop Power Control in the Uplink

Objetivo: Verificar si el *UE inner loop power control size* y la respuesta del control de potencia en el circuito interno cumple con el valor descrito en la cláusula 5.4.2.2.

Verificar si el TPC_cmd está derivando correctamente de los comandos TPC recibidos.

Table 5.4.2.2: Transmitter aggregate power control tolerance

TPC_cmd group	Transmitter power control range after 10 equal TPC_cmd group (all units are in dB)				Transmitter power control range after 7 equal TPC_cmd groups (all units are in dB)	
	1 dB step size		2 dB step size		3 dB step size	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
+1	+8	+12	+16	+24	+16	+26
0	-1	+1	-1	+1	-1	+1
-1	-8	-12	-16	-24	-16	-26
0,0,0,0,+1	+6	+14	N/A	N/A	N/A	N/A
0,0,0,0,-1	-6	-14	N/A	N/A	N/A	N/A

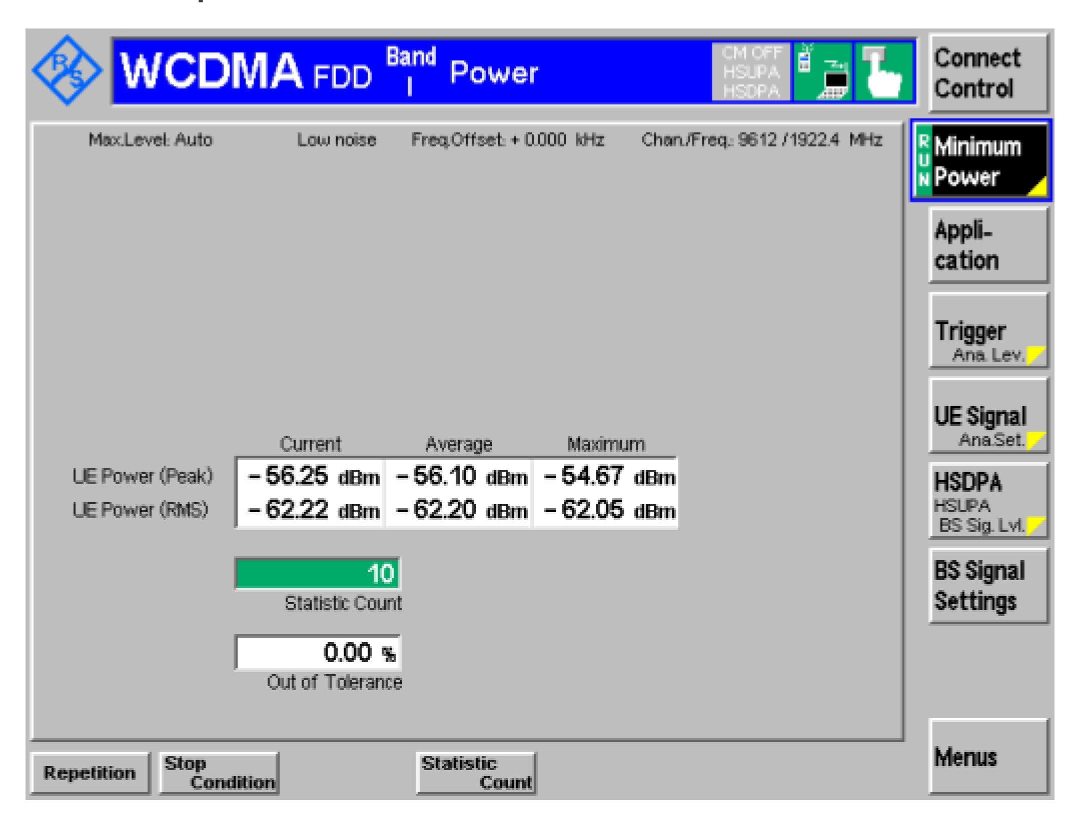


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.4.3 Minimum Output Power

Definición: La potencia de salida mínima controlada del UE ocurre cuando la configuración de control de potencia está definida para un valor mínimo.

Objetivo: Verificar si la potencia mínima del UE es inferior a -50 dBm.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.5.1 Transmit OFF Power

5.5.2 Transmit ON/OFF Time mask

Definición: La potencia emitida con el transmisor desconectado está definida como la potencia media filtrada del RRC cuando el transmisor está desconectado.

El estado de energía de transmisión desconectado sucede cuando el UE no transmite o durante períodos en el que este no está transmitiendo en el canal DPCCH debido a la transmisión descontinuada del canal DPCCH en el *uplink*.

La máscara temporal en la subida del transmisor define el tiempo de subida permitido para el UE entre la transmisión OFF y la transmisión ON de potencia.

Objetivo: Verificar si la potencia emitida con el transmisor desconectado es inferior a −56 dBm.

Verificar si la relación de la potencia del transmisor desconectado/conectado del canal PRACH mostrado en la Figura 5.5.1 cumple con los requisitos presentados en la tabla 5.5.2.2.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

PRACH/PCPCH access slot
5120 chips

PRACH/ PCPCH preamble
4096 chips

25µs 25µs 25µs 25µs

Average
ON Power

End of off power
requirement

On power requirement
3904 chips

Start of off power
requirement

OFF power

OFF power

Transient period
(no off power requirements)

Transient period
(no off power requirements)

Figure 5.5.1: Transmit ON/OFF template for PRACH preambles



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.7 Power setting in uplink compressed mode

Definición: Un cambio de potencia de salida es necesario durante cuadros comprimidos en el *uplink* cuando la transmisión de datos se realiza en un intervalo de tiempo inferior.

Objetivo: Verificar si las modificaciones en la potencia de transmisión de *uplink* de forma comprimida están dentro de las tolerancias prescritas.

El exceso de error en la definición de potencia de transmisión de forma comprimida aumenta la interferencia de otros canales, o aumenta los errores de transmisión en el *uplink*.



Ensaios de conformidade – Tecnologia 3G

5.7A HS-DPCCH power control

Definición: La transmisión de ACK / NACK o CQI en el HS-DPCCH puede causar la variación de la potencia de transmisión en el *uplink*.

La relación de la amplitud entre el DPCCH, ACK / NACK y el CQI, respectivamente, se señaliza por capas más altas.

Objetivo: Compruebe si los cambios en la potencia de transmisión en el *uplink* cuando transmitido el HS-DPCCH (ACK / NACK y CQI) y la potencia entre las transmisiones HS-DPCCH se encuentran dentro de las tolerancias permitidas para cada *power step* como se muestra en la tabla 5.7A.2 y 5.7A.3 de la norma ETSI TS 34121-1.



Ensaios de conformidade – Tecnologia 3G

5.7A HS-DPCCH power control

Table 5.7A.2: Transmitter power test requirements for TPC_cmd=0

Sub-test in table C.10.1.4	Power step	Nominal Power step size, ΔP [dB]	Rounded Power step size, ΔP [dB]	Transmitter power step Tolerance [dB]	Allowed Transmitter power step range [dB]
3	1	6.14	6	+/- 2.3	3.7 to 8.44
	2	-1.38	-1	+/- 0.6	-1.98 to -0.4
	3	-4.76	-5	+/- 2.3	-7.3 to -2.46
	4[1]	0	0	+/- 0.6	-0.6 to 0.6
	5	4.76	5	+/- 2.3	2.46 to 7.3
	6	1.38	1	+/- 0.6	0.4 to 1.98
	7	-6.14	-6	+/- 2.3	-8.44 to -3.7
	8[1]	0	0	+/- 0.6	-0.6 to 0.6
	9	4.76	5	+/- 2.3	2.46 to 7.3
	10	-4.76	-5	+/- 2.3	-7.3 to -2.46
	11[1]	0	0	+/- 0.6	-0.6 to 0.6
NOTE 1: Two test points.					



Ensaios de conformidade – Tecnologia 3G

5.7A HS-DPCCH power control

Table 5.7A.3: Transmitter power test requirements for TPC_cmd=1

Sub-test in table C.10.1.4	Power step	Nominal Power step size, ΔP [dB]	Rounded Power step size, ΔP [dB]	Transmitter power step Tolerance [dB]	Allowed Transmitter power step range [dB]
3	1	6.14	6	+/- 2.3	3.7 to 8.44
	2	-1.38	-1	+/- 0.6	-1.98 to -0.4
	3[3]	No requirements	No requirements	NA	No requirements
	4	-4.76	-5	+/- 2.3	-7.3 to -2.46
	5[1]	1	1	+/- 0.6	0.4 to 1.6
	6	4.76	5	+/- 2.3	2.46 to 7.3
	7[3]	No Requirements	No requirements	NA	No requirements
	8	1.38	1	+/- 0.6	0.40 to 1.98
	9	-6.14	-6	+/- 2.3	-8.44 to -3.7
	10[2]	1	1	+/- 0.6	0.4 to 1.6
	11	4.76	5	+/- 2.3	2.46 to 7.3
	12	-4.76	-5	+/- 2.3	-7.3 to -2.46
	13[2]	1	1	+/- 0.6	0.4 to 1.6

NOTE 1: Three test points.
NOTE 2: Two test points.
NOTE 3: In these test points rel-6 UE performs additional power scaling due to changes in allowed MPR, and therefore there are no requirements specified for transmitter power steps.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.9 Spectrum emission mask

Definición: La máscara de emisión espectral del UE se aplica a las frecuencias, entre 2,5 MHz y 12,5 MHz, distantes de la frecuencia central de la portadora del UE. La emisión fuera del canal es específicamente relativa a la potencia media de la RRC filtrada de la portadora del UE.

Objetivo: Verificar si la potencia de cualquier emisión del UE no excede los niveles especificados en la tabla 5.9.1.

Table 5.9.1: Spectrum Emission Mask Requirement

Δf in MHz (Note 1)	Minimum requirement (note 2)		Measurement bandwidth
	Relative requirement	Absolute requirement	
2.5 - 3.5	$\left\{-35-15\cdot\left(\frac{\Delta f}{MHz}-2.5\right)\right\}dBc$	-71.1 dBm	30 kHz (note 3)
3.5 - 7.5	$\left\{-35-1\cdot\left(\frac{\Delta f}{MHz}-3.5\right)\right\}dBc$	-55.8 dBm	1 MHz (note 4)
7.5 - 8.5	$\left\{-39-10\cdot\left(\frac{\Delta f}{MHz}-7.5\right)\right\}dBc$	-55.8 dBm	1 MHz (note 4)
8.5 - 12.5 MHz	-49 dBc	-55.8 dBm	1 MHz (note 4)



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.9 Spectrum emission mask

WCDMA FDD Band I Spectrum

CM OFF HSUPA HSDPA

Connect Control

dB Max.Level: Auto Low noise Freq.Offset: + 0.000 kHz Chan./Freq.: 9612 / 1922.4 MHz

+0 : --- / Off : --- / Off : --- / Off

Current

-10 -20 -30 -40 -50 -60 -70 -80 -90

-12.000 -8.500 -7.500 -4.000 -2.515 0 2.515 4.000 7.500 8.500 12.000

-8.4	-8.4	-11.8	-10.7	Margin of Current dB	-10.7	-14.0	-8.1	-8.1

	Current	Average	Max./Min.
Ref. Power	21.8 dBm	22.0 dBm	22.2 dBm
UE Power	22.03 dBm	Out of Tolerance	0.00 %

10 Statistic Count

ACLR Filter | ACLR FFT/OBW | Emission Mask

RUN Emission Mask

Appli-cation

Trigger Ana. Lev.

Analyzer Settings

HSDPA HSUPA BS Sig. Lvl.

BS Signal Settings

Marker

Menus



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

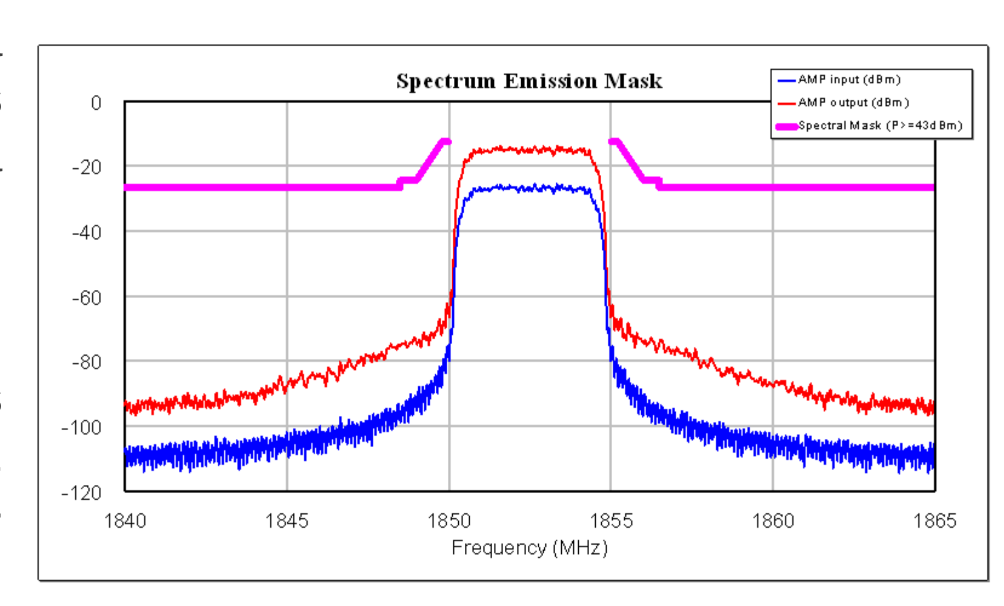
5.9A Spectrum Emission Mask with HS-DPCCH

5.9B Spectrum Emission Mask with E-DCH

Definición: La máscara de emisión espectral del UE se aplica a las frecuencias, entre 2,5 MHz y 12,5 MHz, distante de la frecuencia central de la portadora del UE. La emisión fuera del canal es específicamente relativa a la potencia media de la RRC filtrada de la portadora del UE.

Objetivo: Verificar si la potencia de emisión del UE no excede los límites prescritos en la tabla 5.9A.1 incluso en la presencia del HS-DPCCH.

Verificar si la potencia de emisión del UE no excede los límites prescritos en la tabla 5.9B.1 incluso en la presencia del E-DCH.



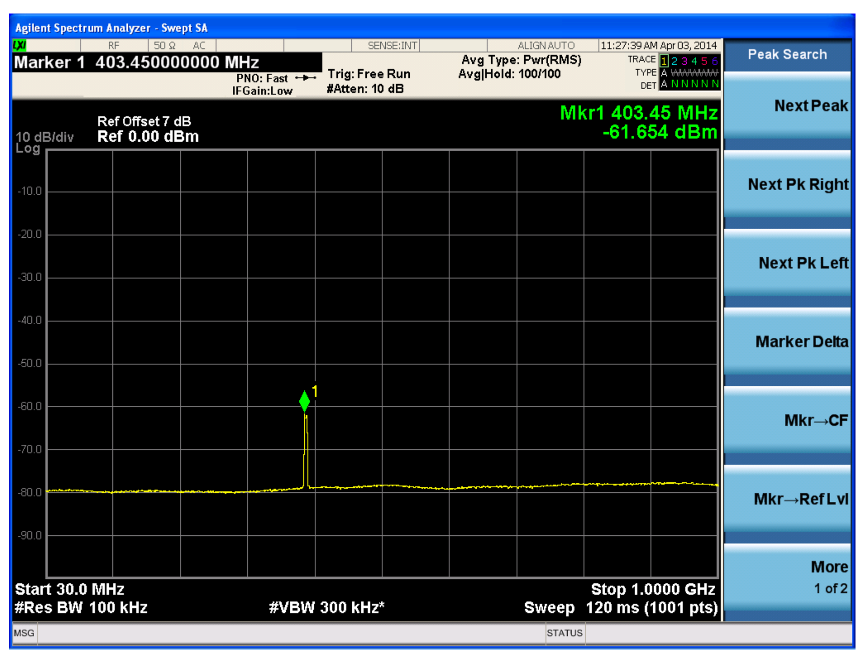


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.11 Spurious Emissions

Definición: Las emisiones no esenciales son emisiones causadas por efectos indeseables del transmisor, tales como emisiones armónicas, emisión parasitaria, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

Objetivo: Verificar si las emisiones no esenciales del UE no exceden los valores descritos mostrados en la tabla 5.11.1a y 5.11.1b.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.13.1 Error Vector Magnitude (EVM)

5.13.1A Error Vector Magnitude (EVM) with HS-DPCCH

5.13.1AA Error Vector Magnitude (EVM) and phase discontinuity with HS-DPCCH

Definición: La magnitud del vector de error es la medida de la diferencia entre la forma de onda de referencia y la forma de onda medida. A esta diferencia se denomina vector de error. El EVM se define como la raíz cuadrada de la relación entre la potencia del vector de error y la potencia media de referencia, expresada en %.

Discontinuidad de fase para el HS-DPCCH es el cambio de fase debido a la transmisión del HS-DPCCH. Si el intervalo de tiempo del HS-DPCCH se desplaza a partir del intervalo de tiempo del DPCCH, el período de evaluación de la discontinuidad de fase debe ser el intervalo de tiempo de DPCCH que contiene el límite del slot del HS-DPCCH.

Objetivo: Verificar si el EVM no excede el límite del 17,5%.

Verificar si la discontinuidad de fase HSDPA no excede 30 grados.

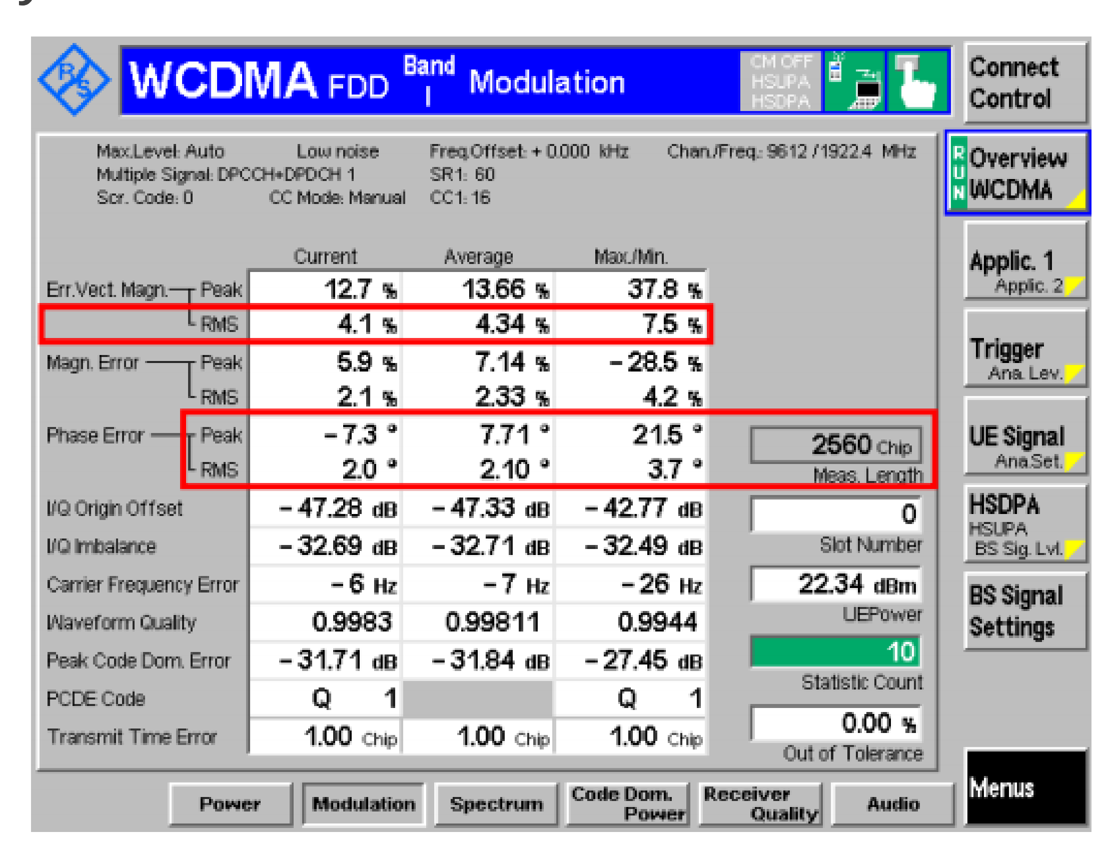


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.13.1 Error Vector Magnitude (EVM)

5.13.1A Error Vector Magnitude (EVM) with HS-DPCCH

5.13.1AA Error Vector Magnitude (EVM) and phase discontinuity with HS-DPCCH





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología 3G

5.13.2A Relative Code Domain Error with HS-DPCCH

5.13.2B Relative Code Domain Error with HS-DPCCH and E-DCH

Definición: El error de código de dominio relativo se calcula por medio de la proyección del vector de error en el dominio de los códigos. Solamente los canales de código con betas cero en la forma de onda de referencia se consideran para este requisito.

Objetivo: Verificar que el error de código de dominio relativo no supere los valores de la tabla 5.13.2B.9 para los valores beta definidos en la tabla 5.13.2B.8.

Table 5.13.2B.9: Relative Code Domain Error test requirement

ECDP dB	Relative Code Domain Error dB
-21 < ECDP	≤ -15.5
-30 ≤ ECDP ≤ -21	≤ -36.5 – ECDP
ECDP < -30	No requirement



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.2.2 UE Maximum Output Power

Definición: Medida de la potencia máxima en la cual el UE puede transmitir.

Objetivo: Verificar si el error de la potencia máxima de salida del UE no supera la banda prescrita por la potencia máxima de salida nominal especificada y su tolerancia.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.2.3 Maximum Power Reduction (MPR)

Definición: El número de RB identificados en la tabla 6.2.2.3-1 está especificado para cumplir con las exigencias de relación de fuga del canal adyacente y de la reducción de potencia máxima (MPR).

Objetivo: Verificar si la potencia máxima de salida está dentro del intervalo establecido por la potencia máxima nominal y tolerancia de acuerdo con la tabla 6.2.3.5-1.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.2.5 Configured UE transmitted Output Power

Definición: La potencia de transmisión configurada es la habilidad del transmisor del UE para ajustar la potencia de salida de acuerdo con comandos recibidos de la eNode B.

Objetivo: Verificar que el UE no excede el mínimo entre la potencia máxima permitida de *uplink* de la E-UTRAN y la potencia máxima del UE, de acuerdo con su clase de potencia. La potencia máxima de salida medida no debe exceder los valores especificados en la tabla 6.2.5.5-1.

Table 6.2.5.5-1: P_{CMAX} configured UE output power

	Channel bandwidth / maximum output power					
	1.4 MHz	**3.0 MHz**	**5 MHz**	**10 MHz**	**15 MHz**	**20 MHz**
Measured UE output power test point 1	-10 dBm ± 7.7					
Measured UE output power test point 2	10 dBm ± 6.7					
Measured UE output power test point 3	15 dBm ± 5.7					
Note: In addition note 2 in Table 6.2.2.3-1 shall apply to the tolerances.						



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.3.2 Minimum Output Power

Definición: La potencia mínima se define como la potencia media de un *subframe* (1 ms).

Objetivo: Verificar la capacidad del UE para transmitir con una potencia de salida debajo del valor especificado en la exigencia de prueba, cuando la potencia está definida para un valor mínimo. La potencia de salida no podrá exceder los valores especificados en la tabla 6.3.2.5-1.

Table 6.3.2.5-1: Minimum output power

	Channel bandwidth / minimum output power / measurement bandwidth					
	1.4 MHz	**3.0 MHz**	**5 MHz**	**10 MHz**	**15 MHz**	**20 MHz**
Minimum output power	-39 dBm					
Measurement bandwidth (Note 1)	1.08 MHz	2.7 MHz	4.5 MHz	9.0 MHz	13.5 MHz	18 MHz
Note 1: Different implementations such as FFT or spectrum analyzer approach are allowed. For spectrum analyzer approach the measurement bandwidth is defined as an equivalent noise bandwidth.						



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.3.4.1 ON/OFF time mask

Definición: La máscara temporal en la subida del transmisor define el tiempo de subida permitido para el UE entre la transmisión OFF y la transmisión ON de potencia.

Objetivo: Verificar si la relación de la potencia del transmisor desconectado/conectado cumple con los requisitos presentados en la tabla 6.3.4.1.5-1.

Table 6.3.4.1.5-1: General ON/OFF time mask

	Channel bandwidth / minimum output power / measurement bandwidth					
	1.4 MHz	**3.0 MHz**	**5 MHz**	**10 MHz**	**15 MHz**	**20 MHz**
Transmit OFF power	-48.5 dBm					
Transmission OFF Measurement bandwidth	1.08 MHz	2.7 MHz	4.5 MHz	9.0 MHz	13.5 MHz	18 MHz
Expected Transmission ON Measured power	-14.8 ± 7.5	-10.8 ± 7.5	-8.6 ± 7.5	-5.6 ± 7.5	-3.9 ± 7.5	-2.6 ± 7.5



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.5.1 Frequency Error

Definición: Esta prueba verifica la capacidad de procesar la frecuencia correcta de ambos, el receptor y el transmisor.

Receptor: extraer la frecuencia correcta de la señal de estímulo, ofrecida por el simulador del sistema, en condiciones de propagación ideales con nivel bajo.

Transmisor: obtener la frecuencia portadora modulada correcta de los resultados, adquirida por el receptor.

Objetivo: La frecuencia de la portadora modulada del UE debe tener una precisión de ± 0,1 PPM observada a lo largo del período de un *slot* de tiempo (0,5 ms) en comparación con la frecuencia de la portadora recibida de la eNode B.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.5.2.1 Error Vector Magnitude (EVM)

Definición: La magnitud del vector de error es la medida de la diferencia entre la forma de onda de referencia y la forma de onda medida. A esta diferencia se denomina vector de error. El *EVM* se define como la raíz cuadrada de la relación entre la potencia del vector de error y la potencia media de referencia, expresada en %.

El intervalo de medición básica *EVM* en el dominio del tiempo es una secuencia de preámbulo para el PRACH y es un slot para el PUCCH y PUSCH en el dominio del tiempo. Cuando el slot de transmisión PUSCH o PUCCH se acorta debido a la multiplexación con SRS, el intervalo de medición EVM se reduce a un símbolo. El intervalo de medición PUSCH o PUCCH *EVM* también se reduce cuando la potencia media, modulación o asignación entre slots tiene una expectativa de cambio.

Objetivo: El PUSCH *EVM* no debe exceder el 17,5% para QPSK y BPSK, del 12,5% al 16 QAM.

El PUCCH *EVM* no debe exceder el 17,5%.

El PRACH *EVM* no debe exceder el 17,5%.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.5.2.2 Carrier Leakage

Definición: El desvío de la potencia de la portadora (I/Q *origin offset*) es una interferencia causada por *crosstalk* u offset DC y se expresa como onda senoidal no modulada con la frecuencia portadora. Es una interferencia de amplitud aproximadamente constante e independiente de la amplitud de la señal deseada. I/Q *origin offset* interfiere con subportadoras centrales del UE (si estuviera asignado) especialmente si su amplitud es pequeña. El intervalo de medición se define a lo largo de un *slot* en el dominio del tiempo.

Objetivo: Ejercitar el transmisor del UE para verificar su calidad de modulación en términos de desvío de la potencia de la portadora, respetando los límites de la tabla 6.5.2.2.5-1.

Table 6.5.2.2.5-1: Test requirements for Relative Carrier Leakage Power

LO Leakage	Parameters	Relative Limit (dBc)
	3.2 dBm ±3.2dB	-24.2
	-26.8 dBm ±3.2dB	-19.2
	-36.8dBm±3.2dB	-9.2



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.5.2.3 In-band emissions for non allocated RB

Definición: Las emisiones indeseables en la banda de operación se miden con base en la interferencia que afecta a los *resources blocks* no asignados.

Las emisiones indeseables en la banda de operación se definen como el promedio a través de 12 subportadoras y como una función del desplazamiento de RB a partir del borde del ancho de banda de transmisión uplink asignada. Las emisiones indeseables en la banda de operación se miden como la razón entre la potencia de salida del UE en un RB no asignado y la potencia de salida del UE en un RB asignado. El intervalo base de la medición de las emisiones indeseables en la banda de operación se define a lo largo de un slot en el dominio del tiempo.

Objetivo: Verificar si las emisiones indeseables en la banda de operación cumplen con los requisitos presentados en la tabla 6.5.2.3.5-1.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.5.2.3 In-band emissions for non allocated RB

LTE Measurement - Multi Evaluation

Mode: FDD Freq.: 2505.0 MHz Ref. Level: 16.00 dBm Bandwidth: 10.0 MHz Cyclic Prefix: Normal Meas Subfr.: 0

Inband Emissions

x: 49 y: -38.82 dB x: Off y: --- x: Off y: ---

dB
5
-5
-15
-25
-35
-45
-55
-65
-75

DC
IQ Image
Allocated RB
General
Ref

Resource Block
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48

Detected Allocation NoRB: 12 OffsetRB: 0

	Current	Average	Min	Max	StdDev
TX Power	3.24 dBm	3.24 dBm	3.23 dBm	3.26 dBm	0.01 dBm
Peak Power	9.28 dBm	9.50 dBm	9.13 dBm	9.86 dBm	0.24 dBm
RB Power	-7.52 dBm	-7.52 dBm	-7.54 dBm	-7.51 dBm	0.01 dBm

Referenc... X-Value 49

Out of Tolerance: 0.00 %
Detected Modulation: QPSK
Detected Channel Type: PUSCH
View Filter Throughput: 100.0 %

Ref. Marker IBE ... | Marker 1 IBE ... | Marker 2 IBE ...

LTE
Multi Evaluation RDY
RF Settings
Trigger
Display
Marker
Signaling Parameter
LTE 1 Signaling
Config ...



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.6.1 Occupied bandwidth

Definición: El ancho de banda ocupada es una medida del ancho de banda que contiene el 99% de la potencia media integrada total del espectro de transmisión en el canal atribuido.

Objetivo: Verificar si el ancho de banda ocupada del UE para todas las configuraciones de ancho de banda de transmisión soportadas por el UE son inferiores a sus límites específicos.

Table 6.6.1.2-1: Occupied channel bandwidth

	Occupied channel bandwidth / channel bandwidth					
	1.4 MHz	3.0 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Channel bandwidth [MHz]	1.4	3	5	10	15	20



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.6.2.1 Spectrum Emission Mask

Definición: La máscara de espectro de emisión del UE se aplica a las frecuencias (ΔfOOB) a partir del borde del ancho de banda de canal E-UTRA atribuido. Para frecuencias superiores (ΔfOOB), como se especifica en la tabla 6.6.2.1.3-1, son aplicables las exigencias espurias en la cláusula 6.6.3.

Objetivo: Verificar si la potencia de cualquier emisión del UE no excede los niveles específicos para el ancho de banda del canal especificado.

Table 6.6.2.1.3-1: General E-UTRA spectrum emission mask

Spectrum emission limit (dBm)/ Channel bandwidth							
Δf_{OOB} (MHz)	1.4 MHz	3.0 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	Measurement bandwidth
± 0-1	-10	-13	-15	-18	-20	-21	30 kHz
± 1-2.5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	1 MHz
± 2.5-2.8	-25	-10	-10	-10	-10	-10	1 MHz
± 2.8-5		-10	-10	-10	-10	-10	1 MHz
± 5-6		-25	-13	-13	-13	-13	1 MHz
± 6-10			-25	-13	-13	-13	1 MHz
± 10-15				-25	-13	-13	1 MHz
± 15-20					-25	-13	1 MHz
± 20-25						-25	1 MHz



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.6.2.3 Adjacent Channel Leakage power Ratio

Definición: La razón de interferencia al canal adyacente es la razón entre la potencia media filtrada centrada en la frecuencia de canal atribuido y la potencia media filtrada en una frecuencia de canal adyacente en el espaciamiento nominal del canal.

Objetivo: Verificar si el transmisor del UE no causa interferencia en los canales adyacentes en términos de la razón de interferencia al canal adyacente.

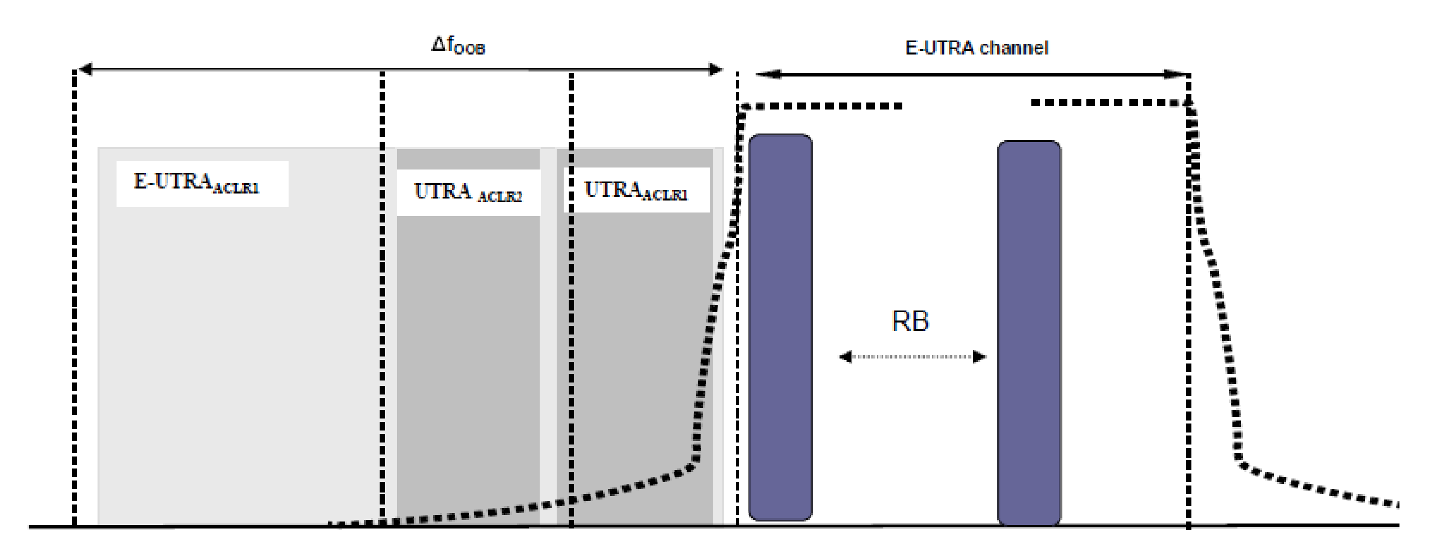


Figure 6.6.2.3.3-1: Adjacent Channel Leakage Power Ratio requirements



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología LTE

6.6.3.1 Transmiter spurious emissions

Definición: Las emisiones no esenciales son emisiones causadas por efectos indeseables del transmisor, tales como emisiones armónicas, emisión parasitaria, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

Objetivo: Verificar si el transmisor del UE no causa interferencia en otros canales u otros sistemas en términos de emisiones no esenciales del transmisor, respetando los límites de la tabla 6.6.3.1.3-2.

Table 6.6.3.1.3-2: Spurious emissions limits

Frequency Range	Maximum Level	Measurement Bandwidth
9 kHz ≤ f < 150 kHz	-36 dBm	1 kHz
150 kHz ≤ f < 30 MHz	-36 dBm	10 kHz
30 MHz ≤ f < 1000 MHz	-36 dBm	100 kHz
1 GHz ≤ f < 12.75 GHz	-30 dBm	1 MHz



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 2.400-2.483,5 MHz y 5.725–5.850 MHz

Potencia máxima de salida del transmisor

Definición: La potencia máxima de salida del transmisor es una medida de la potencia máxima en la cual puede transmitir el UE.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem II del artículo 41 de la sección IX, que la potencia máxima de salida del transmisor no puede ser superior a 1 Watt.

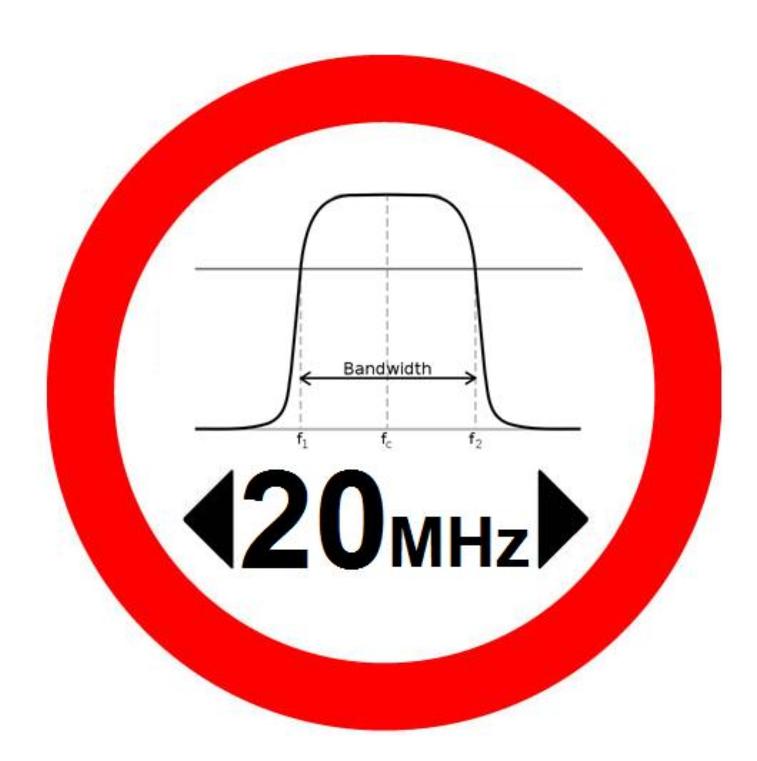


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 2.400-2.483,5 MHz y 5.725–5.850 MHz

Máximo ancho de banda ocupada del canal de salto a 6 dB

Definición: Ancho de banda ocupada es una medida del ancho de banda a 6 dB del pico de la señal del espectro de transmisión en el canal atribuido.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem I del artículo 41 de la sección IX, que el ancho de banda a 6 dB debe ser, como mínimo, 500 kHz.



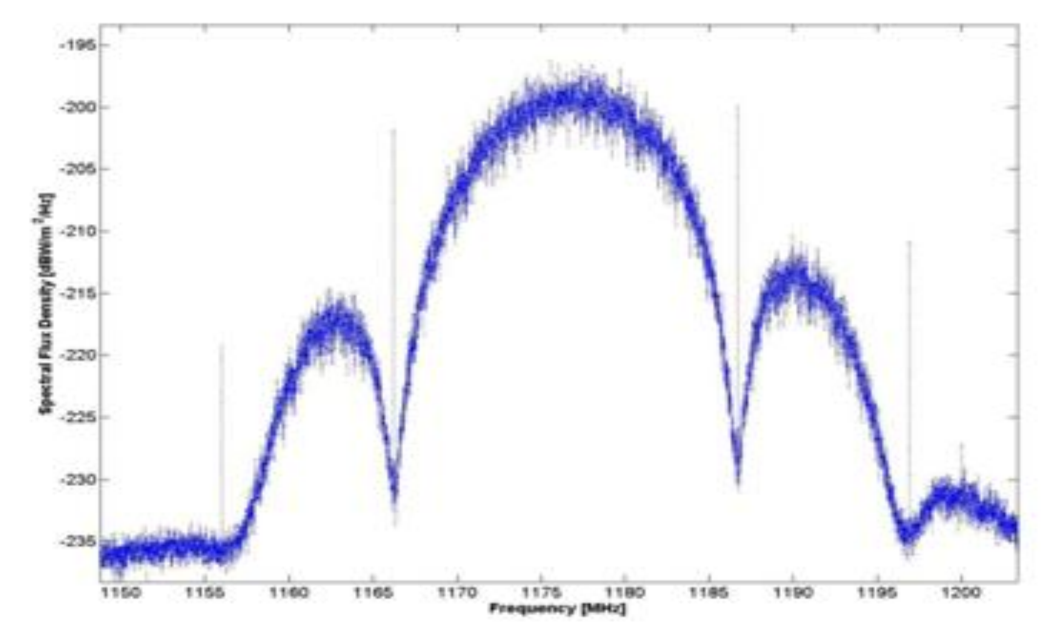


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 2.400-2.483,5 MHz y 5.725–5.850 MHz

Pico de densidad de potencia en cualquier banda de 3 kHz

Definición: La densidad espectral de potencia describe cómo la energía de una señal o una serie temporal se distribuirá con la frecuencia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem III del artículo 41 de la sección IX, que el pico de la densidad espectral de potencia, en cualquier banda de 3 kHz durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua, no debe ser superior a 8 dBm.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 2.400-2.483,5 MHz y 5.725–5.850 MHz

Emisiones no esenciales

Definición: Las emisiones no esenciales son emisiones causadas por efectos indeseables del transmisor, tales como emisiones armónicas, emisión parasitaria, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem III del artículo 41 de la sección IX, que la potencia de radiofrecuencia producida en cualquier ancho de banda de 100 kHz en el cual el sistema no esté operando, debe estar como mínimo, 20 dB por debajo de la potencia máxima producida en un intervalo de 100 kHz dentro de la banda de operación.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.470-5.725 MHz

Potencia máxima de salida del transmisor

Definición: La potencia máxima de salida del transmisor es una medida de la potencia máxima en la cual puede transmitir el UE.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem I del artículo 47 de la sección X, que la potencia máxima de salida del transmisor no puede ser superior a 250 mW.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Valor medio de la potencia e.i.r.p.

Definición: El valor medio de la potencia isotrópica radiada equivalente es el promedio del producto aritmético de la potencia suministrada a la antena y su ganancia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem II del artículo 46 y 47 de la sección X, que el valor medio de la potencia e.i.r.p. se limita a un máximo de 200 mW (para banda de operación de 5.150-5.350 MHz) y 1 W (para banda de operación de 5.470-5.725 MHz).





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

7 - Valor medio de la densidad espectral de potencia e.i.r.p.

Definición: La densidad espectral de potencia e.i.r.p. describe cómo la energía de una señal o una serie temporal se distribuirá con la frecuencia, considerando la ganancia de la antena transmisora.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem III del artículo 46 y 47 de la sección X, que el valor medio de la densidad espectral de potencia e.i.r.p. se limita a un máximo de 10 mW/MHz (para banda de operación de 5.150-5.350 MHz) y 50 mW/MHz (para banda de operación de 5.470-5.725 MHz).



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Emisiones no esenciales

Definición: Las emisiones no esenciales son emisiones causadas por efectos indeseables del transmisor, tales como emisiones armónicas, emisión parasitaria, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el artículo 48 de la sección X, que las emisiones no esenciales o fuera de cualquiera de las bandas de operación deben ser inferiores al límite e.i.r.p. de -27dBm/MHz.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Transmit Power Control (TPC)

Definición: Excepcionalmente, se permitirá el uso de equipos sin el mecanismo TPC. En este caso, el valor medio de la potencia e.i.r.p. debe estar limitado a 100 mW para los equipos que operan en la banda de 5.150-5.350 MHz y limitado a 500 mW para los equipos que operan en la banda de 5.470-5.725 MHz.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el artículo 49 de la sección X, que el UE permita la selección de la potencia de transmisión de forma dinámica y asegure un factor de atenuación de por lo menos 3 dB.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Dynamic Frequency Selection (DFS)

Definición: En las bandas de 5.250-5.725 MHz, el Sistema de acceso inalámbrico en banda ancha para redes locales debe utilizar un mecanismo de selección dinámica de frecuencia. Esta banda de frecuencia es de uso exclusivo de radares militares, sin embargo, puede ser utilizada por dispositivos Wi-Fi, siempre y cuando este tenga un dispositivo capaz de detectar cuando una señal de radar está operando en la misma frecuencia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el artículo 50 de la sección X, que:

I – El tiempo de verificación de la disponibilidad del canal debe ser de 60 segundos y ninguna transmisión debe iniciarse antes de que esto se realice.

II – Después de haberse verificado la disponibilidad del canal e identificado su ocupación, el canal estará sujeto a un período de no ocupación de 30 minutos.

III – Para los equipos que operan con máxima e.i.r.p. inferior a 200 mW, el mecanismo DFS debe ser capaz de detectar señales de interferencia superiores al umbral de -62 dBm, calculado durante un intervalo medio de 1 microsegundo.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Dynamic Frequency Selection (DFS)

IV – Para los equipos que operan con máxima e.i.r.p. entre 200 mW y 1 W, el mecanismo DFS debe ser capaz de detectar señales de interferencia superiores al umbral de -64 dBm, calculado durante un intervalo medio de 1 microsegundo.

V – Si se detecta una señal de interferencia con valor superior al del umbral de detección del DFS, todas las transmisiones en el respectivo canal deben finalizar dentro de 10 segundos.

NOTA: Se admite el uso del mecanismo DFS en la banda de 5.150-5.250 MHz, sin embargo, no es obligatorio.



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Wi-Fi 5.150-5.350 MHz y 5.470-5.725 MHz

Dynamic Frequency Selection (DFS)

Agilent Spectrum Analyzer - Swept SA
L TS RF 50 Ω AC SENSE:INT ALIGN AUTO 05:27:03 PM Mar 24, 2014
Center Freq 5.260000000 GHz
PNO: Fast
IFGain:Low
Trig: Free Run
Atten: 20 dB
Avg Type: Log-Pwr
Ext Gain: -20.33 dB
TRACE 1 2 3 4 5 6
TYPE W W W W W W
DET N N N N N N
Frequency
ΔMkr2 2.130 s
-0.16 dB
10 dB/div Ref 30.00 dBm
Log
20.0
10.0
0.00
-10.0
-20.0
-30.0
-40.0
-50.0
-60.0
1
2Δ1
Center 5.260000000 GHz
Res BW 3.0 MHz
#VBW 3.0 MHz
Span 0 Hz
Sweep 15.00 s (1001 pts)
Auto Tune
Center Freq 5.260000000 GHz
Start Freq 5.260000000 GHz
Stop Freq 5.260000000 GHz
CF Step 3.000000 MHz
Auto Man
Freq Offset 0 Hz
MSG
STATUS



Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Separación de las frecuencias portadoras de los canales de salto

Definición: Los saltos pseudo randómicos de frecuencia separados por canales se utilizan para minimizar la ocurrencia de interferencia en la transmisión de datos.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem I del artículo 40 de la sección IX, que las radiofrecuencias portadoras de los canales de salto estén separadas por un mínimo de 25 kHz o por el ancho de banda del canal de salto a 20 dB, debiendo considerarse el mayor valor.

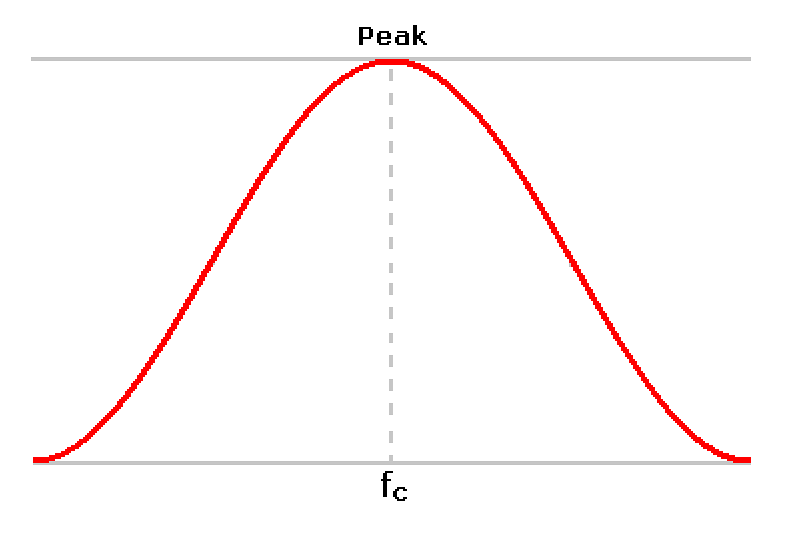


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Potencia de pico máxima de salida del transmisor

Definición: La potencia de pico máxima de salida del transmisor es una medida de la potencia máxima en la cual puede transmitir el UE.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem VII-d y VII-e del artículo 40 de la sección IX, en los sistemas que utilizan menos de 75 radiofrecuencias de salto, que la potencia de pico máxima de salida del transmisor esté limitada a 125 mW y en los sistemas que utilizan un número de radiofrecuencias de salto superior o igual a 75, que la potencia de pico máxima de salida del transmisor esté limitada a 1 Watt.



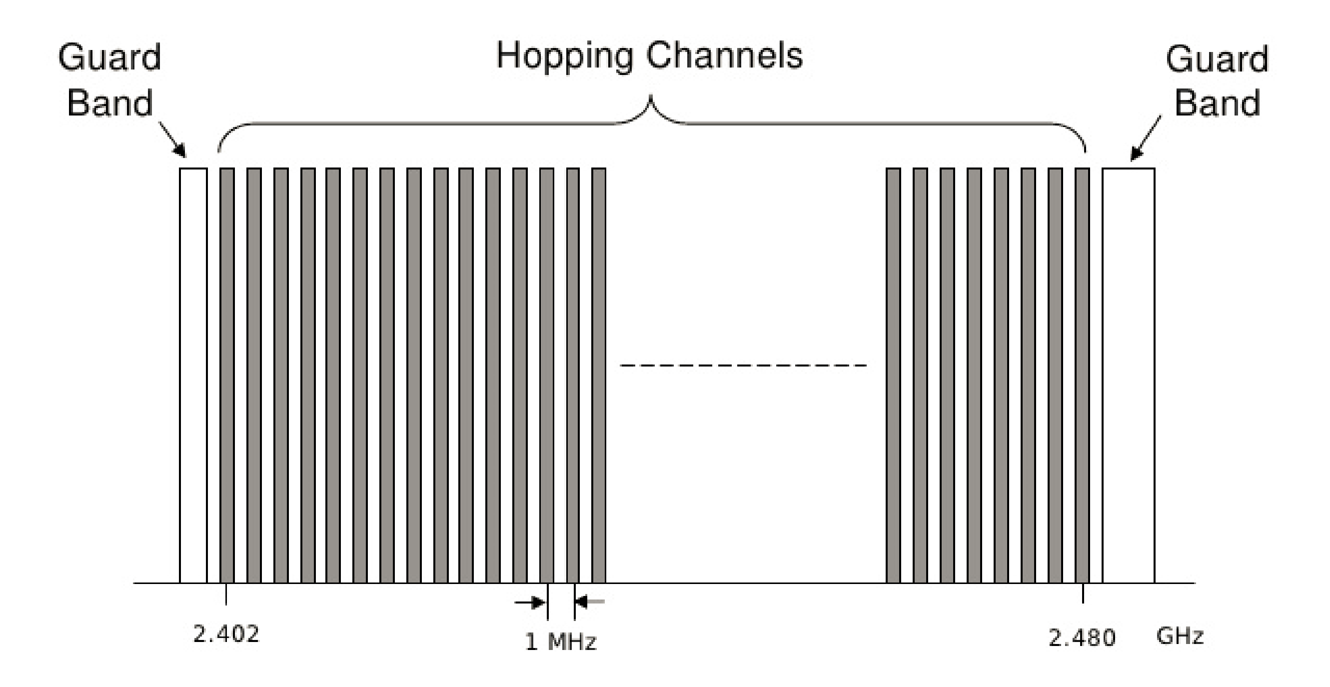


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Frecuencias de salto

Definición: Realizar el conteo de los canales de frecuencias de salto dentro de la banda especificada.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem VII-a del artículo 40 de la sección IX, que el sistema debe utilizar como mínimo, 15 radiofrecuencias de salto no coincidentes.



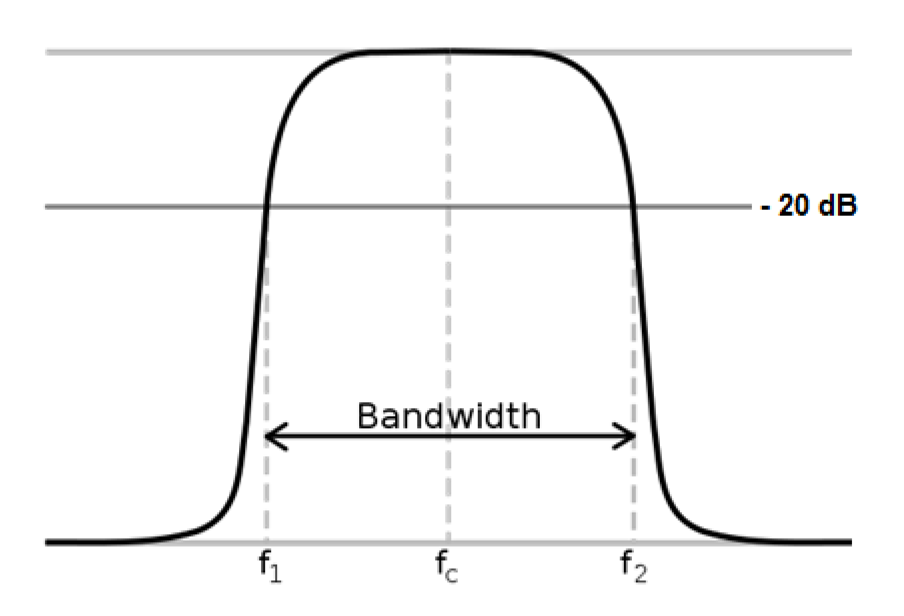


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Máximo ancho de banda ocupada del canal de salto a 20 dB

Definición: El ancho de banda ocupada del canal de salto es una medida del ancho de banda a 20 dB del pico de la señal del espectro de transmisión en el canal atribuido.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem I del artículo 40 de la sección IX, el ancho de banda del canal de salto a 20 dB.





Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Tiempo medio de ocupación de cualquier frecuencia

Definición: Medir el tiempo medio de ocupación en el canal de salto.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el ítem VII-b del artículo 40 de la sección IX, que el tiempo medio de ocupación de cualquier radiofrecuencia no debe ser superior a 0,4 segundos en un intervalo de 0,4 segundos multiplicado por la cantidad de canales de salto utilizados.

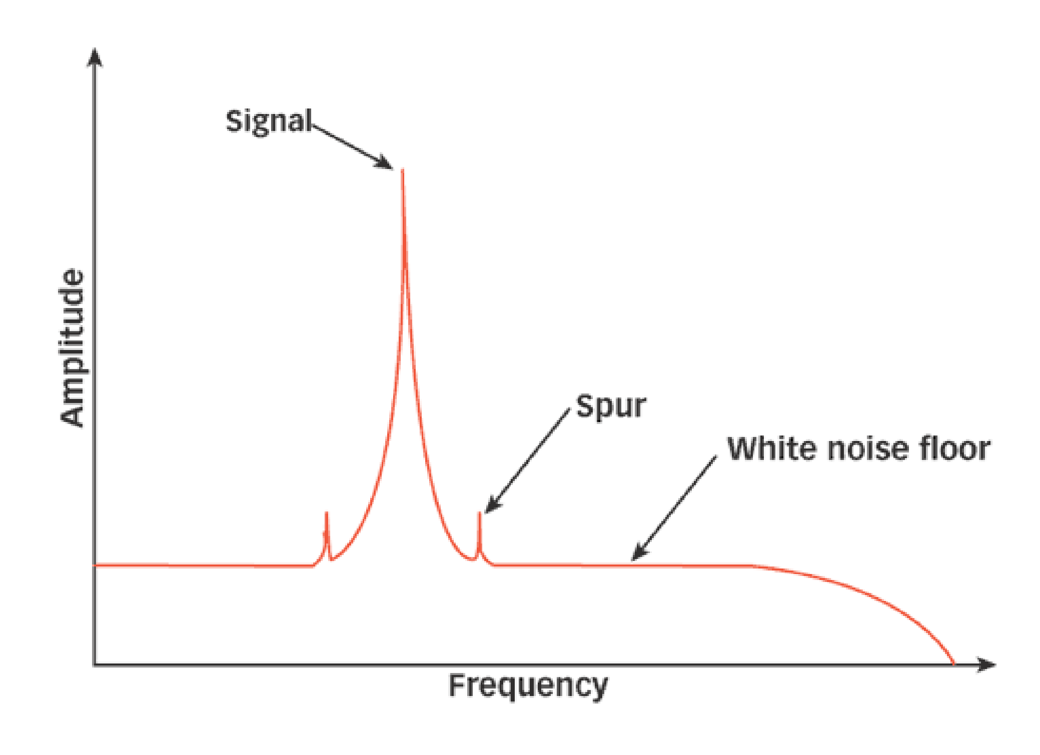


Ensayos de RF (Funcionales) – Tecnología Bluetooth

Emisiones no esenciales

Definición: Las emisiones no esenciales son emisiones causadas por efectos indeseables del transmisor, tales como emisiones armónicas, emisión parasitaria, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

Objetivo: Verificar, de acuerdo con el artículo 44 de la sección IX, que la potencia de radiofrecuencia producida, en cualquier ancho de banda de 100 kHz en el cual el sistema no esté operando, debe estar como mínimo, 20 dB por debajo de la potencia máxima producida en un intervalo de 100 kHz dentro de la banda de operación.





Gracias!

www.**cpqd**.com.br